

STAT

**Page Denied**

Next 2 Page(s) In Document Denied

ALBERT NURNBERG

**Infra Rot**  
**Photographie**

**VER. WILHELM BRAUER - BAILE (BAILE)**

# **INFRAROT-PHOTOGRAPHIE**

**VON**

**ALBERT NÜRNBERG**

**MIT 117 ABBILDUNGEN**



**VEB WILHELM KNAPP VERLAG · HALLE (SAALE) 1957**

## INHALT

EINLEITUNG	9
Sichtbares Licht	9
Körperfarben	12
Infrarote Strahlen	13
Farbenempfindlichkeit von photographischen Filmen und Platten	14
Farbenempfindlichkeit von Infrarot-Materialien	15
INFRAROT-MATERIALIEN	17
Handelformen	17
Sensibilisierung der Agfa-Infrarot-Materialien	17
Gradation	19
Empfindlichkeit	21
Körnigkeit	21
Auflösungsvermögen	22
Lichtschutz	22
Halbarkeit	23
VERARBEITUNG VORSCHRIFTEN	23
Einlegen von Platten und Filmen	23
Dunkelkammerbeleuchtung	24
Entwickeln	25
Kontrast	26
Entwickler	26
Helligkeitentwicklung	30
Unterbrechung	31
Fixage	31
Wässerung	32
Trocknung	33
Übersensibilisierung	33
AUFAHME TECHNISCHE BEFANGEN	35
Kameras	35
Objektive	35
Einstellung und Blende	37
Aufnahmefilter	41
Belichtung	46

AUS DER PRAXIS	50
Bildmäßige Infrarot-Aufnahmen	50
Mondlichteffekt-Aufnahmen	55
Fernsichten	68
Durchdringung von trüben Medien	78
Luftbildaufnahmen	83
Portrait-Aufnahmen	85
Reproduktionen von Daguerreotypien	91
Reproduktionen von vergilbten Vorlagen	93
Archäologische Forschungen	96
Reproduktionen von Gemälden	97
Photogrammetrie	100
Dunkelphotographie	102
Aufklärung von Fälschungen	106
Aufnahmen der Kriminalistik	108
Astrophotographie	109
Medizinische Aufnahmen	110
Mikrophotographie	120
Botanische Aufnahmen	125
Mineralogische Aufnahmen	125
Spektralphotographie	126
Warenprüfungen	127
Paläontologische Aufnahmen	128
Literaturhinweise	131
Stichwortverzeichnis	133

## VORWORT

Über die Infrarot-Photographie bestehen bei dem Laien und teils auch in den Kreisen, die mit den sonstigen photographischen Verfahren durchaus vertraut sind, unklare, mitunter auch übertriebene Vorstellungen. Andererseits sind die Möglichkeiten zur Anwendung dieses Sondergebietes der Photographie teilweise noch nicht genügend bekannt. Diese Feststellungen ergaben sich aus zahlreichen Diskussionen und Anfragen.

Einen Überblick über die Vielseitigkeit in der Anwendung der Infrarot-Photographie zu geben und auch ihre Grenzen aufzuzeigen, soll die Aufgabe der vorliegenden Arbeit sein. An den Anfang des Buches sind einführende Betrachtungen gestellt worden. Hat sich der Anfänger mit diesen Dingen vertraut gemacht, so werden sich für ihn über die aufgezeigten Anregungen hinaus weitere Möglichkeiten zur Anwendung der Infrarot-Photographie ergeben.

In der Wissenschaft findet die Infrarot-Photographie bereits weitgehende Verwendung. Wenn in der vorliegenden Schrift die einzelnen, der Wissenschaft mit Hilfe der Infrarot-Photographie zugänglichen Gebiete trotzdem Erwähnung finden, so geschieht es, um für diesen besonderen Zweig der Photographie weitere Freunde zu gewinnen.

Durch den Umfang des Gesamtgebietes der Infrarot-Photographie müssen Wissenschaftler und Techniker gewonnen werden, die durch Ratschläge und Mitarbeit zum Gelingen dieses Buches beitragen. Ebenso wäre die Abrundung des Inhalts ohne Unterstützung der in dem Buch genannten Firmen nicht möglich gewesen. Ihnen allen gebührt mein Dank. Sie alle werden mit mir die Gewissheit haben, daß die Infrarot-Photographie eine Verbreitung findet, deren Nutzen bestimmten Gebieten der Wissenschaft und Technik wie auch der Schönheit des Lichtbildes Erfolg verspricht.

Jeßnitz, im Dezember 1956.

Albert Nürnberg

## EINLEITUNG

Wer sich mit der Photographie beschäftigt, der weiß, daß zur Herstellung jeder photographischen Abbildung die Strahlen des Lichtes benötigt werden. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um diffuses Licht an bedeckten Tagen handelt oder um die direkten Sonnenstrahlen. Auch die Strahlen aller nur erdenklichen Kunstlichtquellen Photolampen, Niralampen, Leuchtstoffröhren usw., dienen zur Erzeugung von Photographien. In neuerer Zeit werden in immer steigendem Maße auch die Abstrahlungen von Blitzröhren und -lampen für photographische Zwecke benutzt, in kleinerem Umfang dagegen nur noch Blitzlichtpulver. In allen diesen Fällen handelt es sich um die Strahlen des sichtbaren Lichtes, das je nach der Beleuchtungsart stärker oder schwächer in Erscheinung tritt.

Die Infrarot-Photographie dagegen benötigt im wesentlichen andere, dem menschlichen Auge nicht mehr wahrnehmbare Strahlen, wobei dann auch nicht mehr von Licht gesprochen werden kann. Wenn gesagt wird, im wesentlichen, so ist gemeint, daß jedoch bei vielen Infrarot-Aufnahmen auch noch die langwelligen Strahlen des sichtbaren Lichtes zum Bildaufbau mit herangezogen werden. Diese Erläuterungen erscheinen dem nicht Eingeweihten sicher verwirrend. Um die Zusammenhänge zu verstehen, müssen wir uns deshalb erst einmal mit dem Wesen des Lichtes befassen.

### Sichtbares Licht

Licht ist im physikalischen Sinne eine strahlende Energie. Lichtquellen senden Lichtstrahlen aus, die sich wellenförmig mit ganz bestimmter Schwingungszahl fortpflanzen. Wir empfinden Licht durch Reizung der in der Netzhaut des Auges endenden Sehnerven.

Im Rahmen des Gesamtspektrums elektromagnetischer Wellen nimmt das sichtbare Licht nur einen recht geringen Teil ein (Abb. 1).

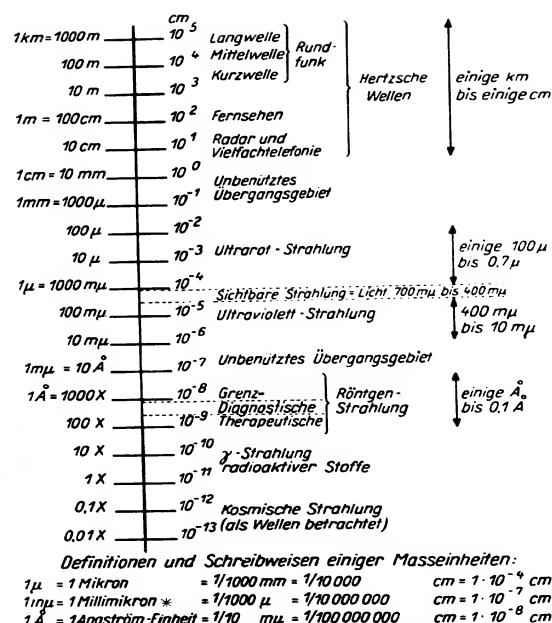


Abb. 1. Gesamtspektrum der elektromagnetischen Wellen nach Prof. Dr. John Eggert, „Einführung in die Röntgenphotographie“.

\* Statt Millimikron wird vielfach die neue Bezeichnung nm = Nanometer angewandt.

Auch der kleine Teil des sichtbaren Lichtes zwischen 400 und 700 nm stellt durchaus nichts Gleichmäßiges dar. Er lässt sich genau unterteilen. Fällt beispielsweise Sonnenlicht durch einen schmalen Spalt auf ein Prisma, dann wird der Strahl abgelenkt, und man kann auf einem dahinter angebrachten weißen Schirm in einem dunklen Raum genau feststellen, daß das uns weiß erscheinende Licht in eine ganze Reihe von Farben zerlegt wurde (Abb. 2).

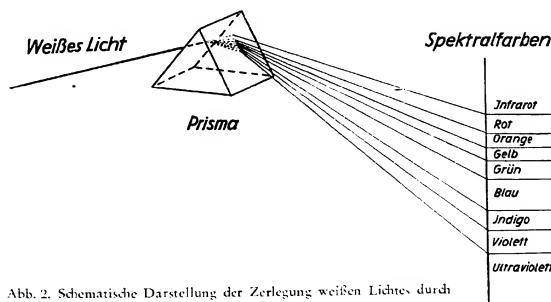


Abb. 2. Schematische Darstellung der Zerlegung weißen Lichtes durch ein Glasperma.

Die stets in gleicher Farbenfolge auftretende Erscheinung, die uns übrigens auch im Regenbogen begegnet, trägt die Bezeichnung: Spektrum des sichtbaren Lichtes. Wir erkennen, daß das langwellige rote Licht durch das Prisma am wenigsten gebrochen wird. Dann schließen sich Orange, Gelb, Grün, Blau und Indigo an. Das kurzwellige violette Licht wird am stärksten gebrochen. Die Farben sind gegeneinander nicht scharf begrenzt, sondern verlaufen ineinander und nehmen innerhalb des Spektrums verschiedene breite Bereiche ein. Für die „reinen“ Farben gelten allgemein bestimmte Wellenbereiche. Sie sind in dem Schema des Spektrums zu erkennen und lassen sich ungefähr ablesen (Abb. 3).

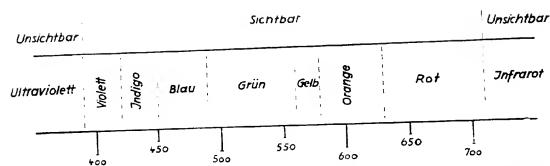


Abb. 3. Schema des Spektrums mit den ungefähren Wellenlängen der Spektralfarben.

An das Spektrum des sichtbaren Lichtes schließt sich nach der einen Seite das kurzwellige unsichtbare Ultraviolet, nach der anderen Seite das ebenfalls unsichtbare Ultrarot oder Infrarot an (s. S. 10, Abb. 1). das Ultrarot und das langwellige Rot des sichtbaren Lichtes soll uns Dieses Ultrarot und das langwellige Rot des sichtbaren Lichtes soll uns Dann für unsere Arbeiten auf dem Gebiete der Infrarot-Photographie besonders interessieren.

Zum sichtbaren Licht muß noch erwähnt werden, daß es nicht immer völlig weiß ist, auch wenn es uns so erscheint. Beispielsweise ist die Farbe des Tageslichtes sehr abhängig von der Jahreszeit, von den atmosphärischen Bedingungen und von der Tagesstunde. Steht die Sonne sehr hoch, dann erscheint das Licht zwar weiß, ist aber in Wirklichkeit sehr bläulich. Bei auf- und untergehender Sonne hat das Licht eine gelbliche bis rötliche Färbung. Glühlampen und auch Photolampen erzeugen ebenfalls ein gelblich-röthliches Licht.

#### Körperfarben

Wir haben vom Licht gesprochen, und wie Licht in seine Farben zerlegt werden kann. Bei den Farben, denen wir in unserer Umgebung begegnen, handelt es sich nie um spektralreine Farben, sondern um Körperfarben. Es gibt Gegenstände, die uns im Licht weiß, farbig oder schwarz erscheinen, je nach dem Verhältnis, in dem der Körper die Lichtstrahlen reflektiert, d. h. zurückstrahlt, oder sie absorbiert, also verschluckt. Werden nun von einem Körper alle sichtbaren Strahlen der ihn be-

leuchtenden Lichtquelle reflektiert, dann erscheint dieser Körper weiß. Ein Körper erscheint aber farbig, wenn nur bestimmte Anteile des aufgestrahlten sichtbaren Lichtes absorbiert werden; absorbiert er sogar alle Strahlen, so erscheint er uns schwarz.

Mit stark abweichenden Lichtverhältnissen ändert sich das Aussehen bestimmter Gegenstände. Bei Textilien tritt der Farbeindruck je nach der spektralen Zusammensetzung des Lichtes oft stark in Erscheinung.

#### Infrarote Strahlen

An das langwellige Gebiet des sichtbaren Lichtes schließen sich, wie wir soeben gesehen haben (Abb. 1 und 3), die Wellen des Ultrarot an. Statt der in der Physik gebräuchlichen Bezeichnung „Ultrarot“ hat sich in der photographischen Literatur allgemein das Wort „Infrarot“ durchgesetzt. Das Gebiet dieser unsichtbaren Strahlen reicht von etwa  $730 \text{ m}\mu$  bis  $100000 \text{ m}\mu$   $400 \text{ m}\mu$ .

Photographisch läßt sich dieser große Bereich aber nicht erfassen. Mit der Verfügung stehenden Materialien ist nur das Gebiet bis etwa  $1100 \text{ m}\mu$  photographisch verwendbar. Die Erschließung dieses Bereiches bedeutet aber schon einen großen Fortschritt sowohl für die bildmäßige Photographie als auch für außergewöhnliche Arbeiten, besonders für bestimmte Gebiete der Wissenschaft.

Welche strahlenden Körper senden nun Infrarot aus? Von den zur Photographie verwendeten Lichtquellen sind es in erster Linie die Sonne, das Tageslicht allgemein, Nitrallampen und die in der Photographie gebräuchlichen Nitraphotlampen. Auch das Blitzlicht, das als loses Pulver, als Kapsel- oder Beutelblitz im Handel ist, sendet Infrarotstrahlen aus. Ferner Blitzlampen, in denen bei der Betätigung Aluminium oder Magnesium in der Form von Draht oder Folien in Gegenwart von Sauerstoff verbrennt. Auch Blitzröhren strahlen Infrarot ab, allerdings nur weniger. In ihnen entsteht bei der Auslösung das Licht durch die zum Glühen gebrachte Edelgasfüllung. Die in letzter Zeit für die verschiedensten Heiz- und Trockenzwecke sehr verbreiteten Infrarot-Hellstrahler können, wie wir später noch sehen werden, auch für die Infrarot-Photographie Verwendung finden. Infrarot-Dunkelstrahler für Heizzwecke haben für die Infrarot-Photographie praktisch keine Bedeutung. Glühende Körper hoher Temperatur senden ebenfalls infrarote Strah-

len aus, finden aber direkt für photographische Arbeiten nur in seltenen Fällen Verwendung, es sei denn, die Temperatur solcher Körper soll auf photographischem Wege gemessen werden. Bei der Ausübung der Infrarot-Photographie ist es aber wiederum zu beachten, daß die aufzunehmenden Gegenstände auch infrarote Strahlen absorbieren oder reflektieren können.

#### Farbenempfindlichkeit von photographischen Filmen und Platten

Bevor wir uns im besonderen mit Infrarot-Platten und -Filmen beschäftigen, sollen photographische Materialien des allgemeinen Bedarfs etwas eingehender besprochen werden. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse sind auch für die Infrarot-Photographie von Nutzen. Die in der photographischen Schicht enthaltenen Silbersalze sind von Natur aus nur für Violett und Blau empfindlich. Noch vor einigen Jahren gab es im Handel allgemein Filme und Platten, deren Schicht zehntausend gab es im Handel allgemein Filme und Platten, deren Schicht noch nicht durch den Zusatz von Farbstoffen auch für andere Farben als Blau empfindlich war, wie wir es in der Aufnahme des Spektrums einer Glühlampe sehen (Abb. 4).

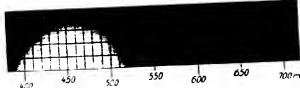


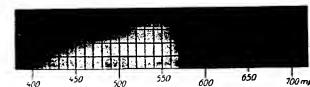
Abb. 4. Aufnahme des Spektrums mit einer unsensibilisierten (farbenblind) Schicht.

Die Glühlampe hatte eine Farbtemperatur von 3200 K.\*. Sie fand auch bei den noch folgenden Aufnahmen des Spektrums Verwendung. Es ist deutlich zu erkennen, daß eine derartige Schicht nur für das sichtbare Gebiet von 390 bis 520 mμ empfindlich ist. Den Aufnahmen mit unsensibilisierten Filmen und Platten hafteten hinsichtlich der Wiedergabe in Grauwerten naturgemäß noch außerordentlich große Mängel an. Später wurde die Sensibilisierung von Photoschichten üblich, die durch den Zusatz kompliziert zusammengesetzter Farbstoffe zur Emulsion erfolgt. Der Gebrauch von orthochromatischen Filmen und Platten stellte gegenüber den unsensibilisierten Materialien bereits einen Fortschritt dar. Außer Violett und Blau werden von orthochromatischem Material

\* Kelvin-Skala: Temperaturskala, die von dem Physiker Kelvin aufgestellt wurde. Sie beginnt mit  $-273,16^{\circ}$  C, dem absoluten Nullpunkt.  $0^{\circ}$  C entsprechen  $273,16^{\circ}$  K.

Grün und Gelb erfaßt. Der erweiterte Empfindlichkeitsbereich geht von 390 bis 580 mμ. Dadurch ist die Farbwiedergabe in ihren Grauwerten

Abb. 5. Aufnahme des Spektrums mit einer orthochromatischen Schicht.



schon wesentlich verbessert worden. Heute haben aber auch diese Materialien schon wieder an Bedeutung verloren und finden nur noch in geringem Maße Verwendung.

Das Bestreben, ein photographisches Aufnahmematerial zu schaffen, das der Augenempfindlichkeit sehr nahe kommt, führte über panchromatische Filme und Platten zum jetzt allgemein üblichen orthopanchromatischen Material. Es bietet den Vorteil, nicht nur beim Tageslicht oder ihm ähnlichen Lichtquellen mit bestem Erfolg verwendbar zu sein. Die orthopanchromatische Schicht ist durch ihre zusätzliche Rotempfindlichkeit ebenfalls für gelbliches und röthliches Kunstlicht sehr gut geeignet. Gegenüber unsensibilisiertem und orthochromatischem Material wurde der Bereich also wieder erweitert, und zwar bis zum Rot von etwa 665 mμ (Abb. 6).

Abb. 6. Aufnahme des Spektrums mit einer orthopanchromatischen Schicht.



#### Farbenempfindlichkeit von Infrarot-Materialien

Infrarot-Materialien unterscheiden sich von anderen photographischen Filmen und Platten in erster Linie durch ihre besondere Sensibilisierung. Auf Grund umfangreicher Forschungen hervorragender Wissenschaftler werden von einzelnen Fabriken Infrarot-Materialien hergestellt. Besonders interessieren uns die Erzeugnisse des VEB Filmfabrik Agfa Wolfen. Außerdem stellen folgende Firmen Infrarot-Materialien her: Eastman Kodak Co. (USA), Gevaert (Belgien), Ferrania (Italien), Ilford

(England) und Guilleminot (Frankreich). Da die Infrarot-Materialien nur für die ganz besonderen Forderungen der Infrarot-Photographie hergestellt werden, ist es auch nicht zu erwarten, daß es sich dabei um ein Vielzweckmaterial handelt. Gewiß wäre es ideal, wenn sich ein in der Kamera befindlicher Film gleichzeitig für normale und Infrarot-Aufnahmen eignen würde. Dem ist aber nicht so.

Die unsensibilisierte Grundeulsion ist, wie wir schon gesehen haben (Abb. 4), nur für Violett bis Blau, kaum noch für Grün, empfindlich. Die zur Sensibilisierung für Infrarot-Materialien verwendeten Farbstoffe schaffen eine zusätzliche Empfindlichkeit entweder für das sichtbare Rot und das Infrarot oder, wie wir noch sehen werden, nur für Infrarot. Es fehlt also die Empfindlichkeit für Grün, Gelb und Orange vollständig. Daraus ergibt sich, daß bei Verwendung von Infrarot-Filmen und -Platten ohne Filter für gewöhnliche Aufnahmen keine besseren Ergebnisse zu erwarten sind als mit den unsensibilisierten Materialien der Vergangenheit.

Vergegenwärtigen wir uns diese Verhältnisse im Spektrum, so erkennen wir am Agfa-Infrarapid-Film 750 eine Empfindlichkeit im violetten und blauen Teil und eine zusätzliche Empfindlichkeit im sichtbaren Rot (Abb. 7). Erst im infraroten Gebiet steigt die Empfindlichkeit bei 720 m $\mu$



Abb. 7. Spektrum des Agfa-Infrarapid-Films 750, welches die Empfindlichkeit im blauen und infraroten Gebiet erkennen läßt

an und erreicht das Maximum bei 750 bis 760 m $\mu$ . Die ausnutzbare Empfindlichkeit erstreckt sich aber noch bis mindestens 800 m $\mu$ . Durch entsprechend gelenkte Sensibilisierungen ist bei anderen Infrarot-Materialien, die wir im übernächsten Abschnitt kennenlernen werden, die Empfindlichkeit teilweise sowohl im Gebiet des sichtbaren Rot und im Infrarot als auch nur im Infrarot anders gelegt worden.

## INFRAROT-MATERIALIEN

### Handelsformen

Für die Kennzeichnung der im Handel befindlichen Infrarot-Materialien ist die Angabe der Wellenlänge des ungefähren Empfindlichkeitsmaximums üblich. Außerdem werden Platten vom Hersteller noch mit der Bezeichnung Rapid oder Hart geliefert. Diese Eigenschaften sollen noch gesondert behandelt werden. Die Plattenpackungen enthalten 12 Stück und werden in den Formaten 6,5×9, 9×12, 13×18 und 18×24 cm hergestellt. Den Agfa-Infrarapid-Film 750 gibt es als Kleinbildfilm in Patronen und als Meterware in Längen von 5 m, für kinematographische Zwecke (35 mm breit) aber auch in Rollen von 120 oder 300 m. Es ist wichtig, stets die Sensibilisierung der einzelnen Sorten zu kennen, um sie danach für die bestimmten Aufgabengebiete einzusetzen zu können. Aus den positiven Abbildungen 8-18 ist die spektrale Empfindlichkeit der Agfa-Infrarot-Materialien zu ersehen. Die erforderliche Dauer der Belichtung war für die einzelnen Spektren sehr unterschiedlich, da die Empfindlichkeit bei den Infrarot-Platten um so geringer ist, je weiter das Sensibilisierungsmaximum im langwelligen Gebiet liegt (s. auch S. 21).

### Sensibilisierung der Agfa-Infrarot-Materialien

Die Lage der spektralen Empfindlichkeit und des wirklichen Empfindlichkeitsmaximums sind in der Tabelle zusammengestellt:

Bezeichnung	spektrale Empfindlichkeit	wirkliches Maximum
Agfa-Infrarot-Platte 700 Rapid	620 bis 750 m $\mu$	720 m $\mu$
Agfa-Infrarot-Platte 700 Hart	620 bis 750 m $\mu$	720 m $\mu$
Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid	660 bis 830 m $\mu$	770 m $\mu$
Agfa-Infrarot-Platte 750 Hart	660 bis 790 m $\mu$	755 m $\mu$
Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid	700 bis 855 m $\mu$	820 m $\mu$
Agfa-Infrarot-Platte 800 Hart	730 bis 860 m $\mu$	830 m $\mu$
Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid	700 bis 890 m $\mu$	850 m $\mu$
Agfa-Infrarot-Platte 850 Hart	720 bis 900 m $\mu$	860 m $\mu$
Agfa-Infrarot-Platte 950	750 bis 970 m $\mu$	930 m $\mu$
Agfa-Infrarot-Platte 1050	780 bis 1100 m $\mu$	1050 m $\mu$
Agfa-Infrarapid-Film 750	630 bis 805 m $\mu$	760 m $\mu$

## Aufnahmen der Spektren.

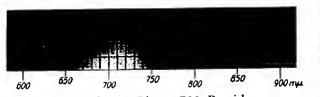


Abb. 8. Infrarot-Platte 700 Rapid.

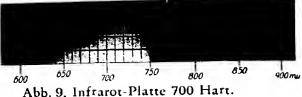


Abb. 9. Infrarot-Platte 700 Hart.

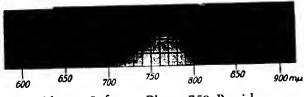


Abb. 10. Infrarot-Platte 750 Rapid.

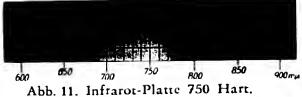


Abb. 11. Infrarot-Platte 750 Hart.

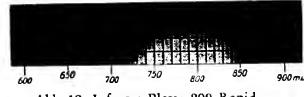


Abb. 12. Infrarot-Platte 800 Rapid.

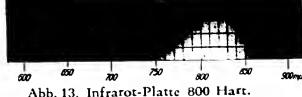


Abb. 13. Infrarot-Platte 800 Hart.

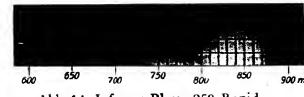


Abb. 14. Infrarot-Platte 850 Rapid.

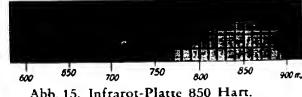


Abb. 15. Infrarot-Platte 850 Hart.

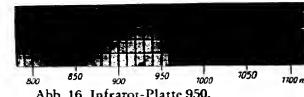


Abb. 16. Infrarot-Platte 950.

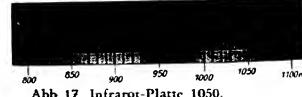


Abb. 17. Infrarot-Platte 1050.

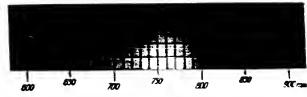


Abb. 18. Infrarapid-Film 750.

## Gradation

Neben der Sensibilisierung ist auch die Gradation ein wichtiges Merkmal für Infrarot-Platten und -Filme. Sie wird bestimmt, indem man das Material einer bekannten stufenweisen Belichtung unterwirft, nach der Verarbeitung die Schwärzungen photometrisch ausmisst und die ermittelten Werte auf ein Koordinatensystem überträgt. Auf der Abszisse werden die Belichtungsstufen und auf der Ordinate die Schwärzungen eingezeichnet, beide als logarithmische Werte. Wird der geradlinige Teil der entstandenen Kurve nach unten verlängert, so bildet diese Gerade mit der waagerechten Achse des Koordinatensystems den Winkel  $\alpha$  (Alpha) (Abb. 19). Der Tangenswert dieses Neigungswinkels wird mit dem griechischen Buchstaben  $\gamma$  (Gamma) bezeichnet.

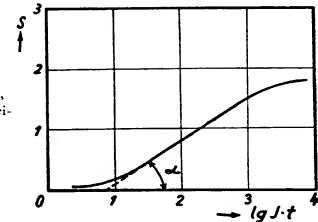


Abb. 19.

— Schema einer Schwärzungskurve,  
-- Verlängerung des geradlinigen Teiles.

Das Gamma ist allgemein ein Kennzeichen für die Gradation photographischer Materialien. Hohe Gammawerte sind gleichbedeutend mit steilen, niedrige Gammawerte mit flachen Emulsionen. In der allgemeinen Photographie wird mit einem Gamma von 0,6 bis 0,9 gearbeitet, in der Infrarot-Photographie aber mit höheren Gammawerten. Die dargestellten Gradationskurven (Abb. 20) zeigen die Unterschiede zwischen den Agfa-Infrarot-Platten. Sie sollen nur ein Beispiel für die Sortengruppen „Rapid“ und „Hart“ sein.

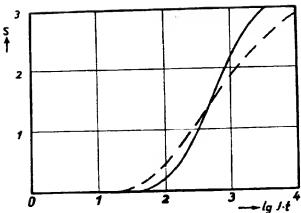


Abb. 20. Schwärzungskurven von Infrarot-Platten.  
 — Agfa-Infrarot-Platte 750 Hart, Gamma 2.4,  
 - - - Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, Gamma 1.5,  
 entwickelt 5 Min. in Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5.  
 Die Schwärzungskurven sind ohne Schleier aufgetragen.

Dem neuen Agfa-Infrarapid-Film 750 mit gesteigerter Empfindlichkeit ist eine steile Gradation eigen. Hier sind je nach der Entwicklung besonders unterschiedliche Gammawerte zu erzielen (Abb. 21).

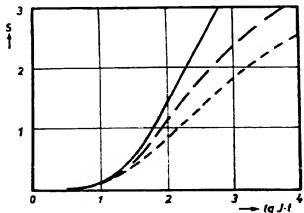


Abb. 21. Schwärzungskurven von Agfa-Infrarapid-Film 750.  
 — entwickelt 5 Min. in Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5, Gamma 2.4  
 - - - entwickelt 10 Min. in Agfa-Final, Gamma 1.4  
 - - - entwickelt 10 Min. in Agfa-Final F, Gamma 0.9.  
 Die Schwärzungskurven sind ohne Schleier aufgetragen.

Die Schwärzungskurven der Abbildungen 20 u. 21 wurden durch Beleuchtung des Infrarot-Materials mit Nitrallicht unter Vorschaltung des Agfa-Filters Nr. 83 erhalten. Das Filter schaltete die Strahlen des sichtbaren Lichtes aus.

Die Beeinflussung der Gradation durch die Dauer der Entwicklung und durch die Art des Entwicklers wird in dem Abschnitt Entwickeln von Infrarot-Materialien noch eingehender behandelt (s. S. 25).

### Empfindlichkeit

Für photographisches Material des normalen Bedarfs, worunter Filme und Platten für Außen-, Innen-, Architektur-, Porträt-, Sport-, Reportageaufnahmen u. ä. zu verstehen sind, wird von den Herstellern dieser Sorten in Deutschland die Empfindlichkeit in DIN-Graden angegeben. Die Bedingungen sind in dem Normblatt 4512 (Negativ-Material für bildmäßige Aufnahmen, Bestimmung der Lichtempfindlichkeit) festgelegt. Für die Prüfungen schreibt das Normenblatt u. a. eine bestimmte Glühlampe als Lichtquelle vor, deren Strahlen durch ein Flüssigkeitsfilter eine genau korrigierte spektrale Zusammensetzung haben, die dem mittleren mittäglichen Sonnenlicht des Breitengrades von New York entsprechen.

Infrarot-Filme und -Platten werden in der Praxis mit Hilfe der verschiedenartigsten Lichtquellen belichtet. Dazu kommt, daß Infrarot-Material, wie wir schon erfuhren, eine ganz andere Farbempfindlichkeit besitzt als normale photographische Schichten, und schließlich werden Infrarot-Aufnahmen praktisch stets in Verbindung mit besonderen Aufnahmefiltern verwendet, die das sichtbare Licht völlig oder zum größten Teil ausschalten. Deshalb ist eine Empfindlichkeitsangabe für Infrarot-Materialien nach DIN-Graden nicht möglich. Es können nur vergleichende Werte im Zusammenhang mit einer photographischen Emulsion, deren Empfindlichkeit bekannt ist, gegeben werden. Diese Angaben erfolgen unter dem Abschnitt Aufnahmefilter (s. S. 47/48).

Infrarot-Platten sind um so geringer empfindlich, je weiter das Sensibilisierungsmaximum in das langwellige Gebiet reicht. Die mit „Rapid“ bezeichneten Agfa-Infrarot-Platten sind in der Regel, je nach dem verwendeten Filter, annähernd doppelt so empfindlich wie die Sorten „Hart“ für die gleiche Wellenlänge. Der Agfa-Infrarapid-Film 750 dagegen ist eine Ausnahme. Er ist etwa viermal so empfindlich wie die entsprechenden Rapid-Platte.

### Körnigkeit

Für bestimmte Arbeiten mit Infrarot-Materialien, besonders für wissenschaftliche Zwecke, ist es notwendig, die Körnigkeit der einzelnen Sorten zu kennen.

Die Schwärzungen einer photographischen Schicht bauen sich aus einzelnen Silberkörnern auf, deren Verteilung als Körnigkeit bezeichnet

wird. Die Körnigkeit ist bedingt durch die Korngröße des Silberhalogenides in der unentwickelten Schicht, durch die Art des verwendeten Entwicklers (Rapidentwickler, Feinkornentwickler, Feinstkornentwickler), durch die Temperatur des Entwicklers und durch die Dauer der Entwicklung.

Mit einem Rapidentwickler (Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung, 1+5 mit Wasser verdünnt, 5 Minuten entwickelt) haben Agfa-Infrarot-Platten mit der Bezeichnung „Hart“ bei der Schwärzung S (= 0,5) einen mittleren Korndurchmesser von 1,05  $\mu$  und die Platten „Rapid“ einen solchen von 1,2  $\mu$ . Der Agfa-Infrarapid-Film 750 hat einen mittleren Korndurchmesser von 0,95  $\mu$ .

#### Auflösungsvermögen

Auch das Auflösungsvermögen der Infrarot-Schichten ist besonders für wissenschaftliche Arbeiten von Bedeutung. Es hängt von bestimmten Emulsionseigenschaften, besonders von der Körnigkeit, der Schichtdicke, der Lichthoffreheit und wiederum von der Entwicklung ab.

Man versteht unter Auflösungsvermögen die Zahl von Linien pro Millimeter, die nach der Aufnahme eines Stridhasters von der photographischen Schicht so wiedergegeben werden, daß das Raster noch als solches zu erkennen ist.

Aufnahmen eines Prüfrasters nach Foucault ergeben nach der Auswertung am Mikroskop für die Agfa-Infrarot-Platten „Hart“ und den Agfa-Infrarapid-Film 750 ein Auflösungsvermögen von 60 bzw. 65 Linien pro Millimeter und 40-45 Linien für die Sorten „Rapid“, wenn sie 5 Minuten in Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1+5 entwickelt werden (s. auch S. 20). Diese Auflösung bedeutet, daß sie für die Sorten „Hart“ und den Infrarapid-Film 750 etwa gleich den hochempfindlichen orthopanchromatischen Aufnahmematerialien ist.

#### Lichthofschutz

Die Agfa-Infrarot-Platten werden ohne Lichthofschutz geliefert. Die üblichen Rücksichten bei Platten und Planfilmen, die allgemein den Reflexionslichthof verhindern sollen, stellen für Infrarot-Materialien

keinen geeigneten Schutz dar, da die langwelligen Infrarotstrahlen die farbigen und trüben Medien des Lichthofschutzes durchdringen. Im Interesse einer guten Auflösung sollten daher Aufnahmen, bei denen es auf diese Eigenschaften besonders ankommt, möglichst richtig belichtet werden. Überbelichtungen würden Überstrahlungen hervorrufen, die auf Reflexionen zurückzuführen sind und ein ungünstiges Auflösungsvermögen vor täuschen.

Der Agfa-Infrarapid-Film 750 wird auf grauer Unterlage geliefert, die vor allem den Lichteinfall durch das Patronenmaul verhüten soll.

#### Haltbarkeit

Infrarot-Materialien sind nur begrenzt haltbar. Die Filmfabrik Agfa Wolfen gibt für alle Infrarot-Plattensorten „Hart“ und für den Infrarapid-Film 750 eine Laufzeit von 6 Monaten an. Die Sorten „Infrarot-Rapid“ bis 850 haben eine Haltbarkeit von 5 Monaten. Diese Zeiten gelten für die Aufbewahrung bei Temperaturen unter 18° C und einer relativen Feuchte von 50 bis 60%. 1½ Monate hält sich die Infrarot-Platte 950 und einen Monat die Platte 1050\*. Bei Überschreitung der genannten Laufzeiten steigt der Schleier an, und die Empfindlichkeit im Infrarot geht zurück.

Die Haltbarkeit läßt sich erhöhen, wenn die Materialien in Kühl-, notfalls in Eisschränken aufbewahrt werden. Allerdings müssen die Packungen unbedingt in luftdicht verschließbare Gefäße eingelagert werden. Es eignen sich dazu passende Blechgefäß, die mit Isolierband verschlossen werden, oder auch Konservengläser, die sich mit einem Gummiring abschließen lassen. Vorteilhaft lagert man in die Gefäße eine geringe Menge hygroskopischer Mittel (Silikagel, getrocknete Reiskörner) mit ein, um dem Raum das sich bei tiefen Temperaturen bildende Kondenswasser zu entziehen. Sollen kühl gelagerte Materialien verarbeitet werden, so sind sie vorher einige Stunden der Temperatur des Raumes anzugeleichen, in dem die Aufnahmen gemacht werden sollen.

\* Die Agfa-Infrarotplatte 1050 mußte sich früher beim Transport auf größere Entferungen in einer Umgebung von fester Kohlensäure befinden. Durch eine neue Sensibilisierung genügt jetzt eine Lagerung um 0° C.

## VERARBEITUNGSVORSCHRIFTEN

### Einlegen von Platten und Filmen

Platten müssen zur Aufnahme naturgemäß in die passenden Kassetten eingelegt werden. Diese Arbeit wird am besten bei völliger Dunkelheit vorgenommen. Die Platten müssen entsprechend der Konstruktion der Kassetten eingelegt werden, und zwar so, daß die Schichtseite bei der Aufnahme dem Objektiv zugekehrt ist. Die Schichtseite ist an der etwas rauen Oberfläche, die man beispielsweise mit dem trocknen Handballen abfühlen kann, leicht von der Glasseite zu unterscheiden. Außerdem werden die Agfa-Platten paarweise zwischen Papierlaschen stets so gepackt, daß die Emulsionsseiten einander zugekehrt sind. Vorsicht ist bei Verwendung von Holzkassetten für Infrarot-Platten geboten. Holz kann bei hellem Licht, dem die Kassetten ausgesetzt werden, Infrarotstrahlen durchlassen. Verschleierungen sind die unausbleibliche Folge. Eingelegte Platten längere Zeit in Kassetten aufzubewahren, ist nicht ratsam.

Der Agfa-Infrarapid-Film 750 in Patronen sollte stets nur bei gedämpftem Licht in die Kamera eingesetzt werden, um das Eindringen von Fremdlicht durch das Patronenmaul zu verhüten.

### Dunkelkammerbeleuchtung

Für die Verarbeitung in der Dunkelkammer kann nur eine sichere Beleuchtung Verwendung finden. Die Agfa schreibt für die von ihr hergestellten Infrarot-Materialien zuverlässige Dunkelkammerschutzfilter vor, die nur mit Lampen bestimmter Wattzahl verwendet werden dürfen.

Material	Agfa-Dunkelkammerschutzfilter	Lampe u. Abstand	Beleuchtung
Infrarot-Platten 700 u. 750	108 dunkelgrün	15 Watt 75 cm	direkt
Infrarot-Platten 800	108 dunkelgrün	15 Watt 75 cm	indirekt
Infrarapid-Film 750	114 hellgrün	Glimmlampe 75 cm	direkt
Infrarot-Platten 850, 950, 1050	114 hellgrün	Glimmlampe 75 cm	direkt

Das Licht dieser Dunkelkammerbeleuchtungen ist immerhin nur sehr spärlich. Man sollte sich vor der Entwicklung erst einige Minuten in der Dunkelkammer aufzuhalten, damit sich das Auge adaptieren kann. Besser und zuverlässiger lassen sich Infrarot-Materialien unter Verwendung der Helllichtentwicklung verarbeiten, die noch gesondert besprochen werden soll (s. S. 30).

### Entwickeln

Je nach dem angestrebten Kontrast ist für Infrarot-Materialien der entsprechende Entwickler zu wählen. Wir haben unter dem Abschnitt Gradation gesehen, welche Gammawerte mit den Agfa-Infrarot-Platten „Rapid“ bzw. „Hart“ und dem Agfa-Infrarapid-Film 750 bei Verwendung der Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung in der Verdünnung 1+5 zu erzielen sind.

Für die zur bildmäßigen Photographie dienenden Schichten, das sind die Plattsensoren Rapid und auch der Infrarapid-Film, muß dieser Kontrast als hoch bezeichnet werden. So hohe Gammawerte sind aber nicht immer erwünscht. In vielen Fällen wird ein geringerer Kontrast angestrebt werden müssen, wobei für die Infrarot-Photographie ein Gamma von 0,8 bis 1,0 als normal gilt. In außergewöhnlichen Fällen wird ein noch geringerer Kontrast erforderlich sein. Gammawerte von 0,6 bis 0,7 bezeichnen wir für diesen besonderen Zweig der Photographie als niedrig. Durch Verkürzung der Entwicklungszeit lassen sich in jedem Entwickler niedrige Gammawerte erzielen. Allerdings geht bei dieser Methode ein nicht unbedeutender Teil an Empfindlichkeit verloren. Einen solchen Empfindlichkeitsverlust können wir uns aber in der Infrarot-Photographie allgemein nicht erlauben. Deshalb werden zur Erzielung eines niedrigen Gammawertes Entwickler verwendet, die diesen Forderungen entsprechen, hinsichtlich der Empfindlichkeit aber alles herausholen. Es wird eine Reihe von erprobten Entwicklern genannt, die zu den eben besprochenen Kontrasten führen. Als Entwicklertemperatur sollen stets 18°C eingehalten werden. Liegt die Temperatur niedriger, geht wiederum Empfindlichkeit verloren. Bei höheren Temperaturen tritt leicht Schleierbildung auf.

**Kontrast**

Entwickler	Zeit in Minuten	Kontrast
Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5	4 bis 5	hoch
Agfa 1	4 bis 5	hoch
Agfa-Final	8 bis 10	normal
Agfa-Rodinal 1 + 20	5 bis 6	normal
Agfa-Rodinal 1 + 40	9 bis 10	gering
Agfa-Atomol F	8 bis 10	gering
Agfa-Denal	12	gering
Agfa 12	12 bis 15	gering
Agfa 14	15 bis 18	gering
Agfa 15	8 bis 10	gering

Infrarot-Platten „Hart“ werden allgemein nur in solchen Fällen genommen werden, in denen es auf möglichst harte Abbildungen ankommt. Auch die Entwicklung muß dann so gesteuert werden, daß dieses Ziel erreicht wird. Dazu dienen die Entwickler Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung 1 + 5 und Agfa 1.

Agfa-Infrarot-Platten 950 und 1050 nehmen bezüglich der Entwicklung eine Sonderstellung ein. Sie werden vorteilhaft 10 bis 12 Minuten in dem Glycin-Entwickler Agfa 8 entwickelt und führen dann zu normalem Kontrast.

Alle aufgeführten Entwicklungszeiten beziehen sich für Platten auf die Entwicklung in der Schale und für den Infrarapid-Film 750 auf die Verarbeitung in der Entwicklungsdose. Wird zur Tankentwicklung übergegangen, dann muß die Dauer der Entwicklung um 20–25% verlängert werden.

**Entwickler**

Am bequemsten arbeitet es sich mit konzentrierten Entwicklerlösungen, die zum Gebrauch nur der Verdünnung mit Leitungswasser bedürfen. Auch die Gebrauchspackungen, die die Substanzen in trockener Form enthalten, sind in der Handhabung praktisch. Sie entheben uns der Mühe des Abwiegen und bieten Gewähr für photographisch einwandfreie Chemikalien.

Bei den meisten der genannten, weicher arbeitenden Entwickler muß zum Selbstansatz geschritten werden. Hierfür sind bestimmte Bedingungen zu berücksichtigen, um die Ergebnisse mühevoller Arbeit nicht zu gefährden.

Die benötigten Chemikalien müssen, photographisch gesehen, von einwandfreier Beschaffenheit sein. Steht zum Ansatz kein destilliertes Wasser zur Verfügung, so kann auch abgekochtes Leitungswasser Verwendung finden. Verstäuben von Chemikalien ist unter allen Umständen zu vermeiden. Das Abwägen der Substanzen muß peinlichst genau durchgeführt werden. Die Lösung der Chemikalien erfolgt in der angegebenen Reihenfolge. Jede Substanz muß völlig aufgelöst sein, bevor die nächste zugegeben wird. Wasser von 30–45°C beschleunigt das Auflösen.

Es ist vorteilhaft, die Entwickler einen Tag vor der Verwendung anzu setzen, damit ein innerer Ausgleich eintreten kann. Der Sauerstoff der eingeschlossenen Luft wirkt sein Oxydationsvermögen aus und wird aufgebraucht. Trübungen gehen in Flockungen oder Niederschläge über. Sind diese sehr stark, so muß die Lösung filtriert werden.

Zur Entwicklung von Infrarot-Materialien eignen sich folgende Entwickler:

**Agfa-Metol-Hydrochinon-Entwicklerlösung, konzentriert**

Dieser Entwickler bietet neben der Einfachheit in der Handhabung den Vorteil einer Verwendung in verschiedenen Verdünnungen. Wir haben schon besprochen, zu welchen Kontrasten er in der Verdünnung 1 + 5 entwickelt. Er läßt sich aber auch geringer oder höher verdünnen und liefert dann entsprechend steilere oder flachere Ergebnisse, wobei die Entwicklungszeit zu verkürzen oder zu verlängern ist. Außerdem ist dieser Entwickler auch für die Positivbearbeitung brauchbar.

**Agfa-Rodinal**

Bei diesem Entwickler handelt es sich um eine hochkonzentrierte Lösung. In der Verdünnung 1 + 20 führt er zu normaler Gradation, wie aus der Aufstellung (S. 26) zu ersehen ist, und zu flacherer Gradation in der Verdünnung 1 + 40. In angebrochenem Zustand verfärbt sich manchmal

der hochkonzentrierte Entwickler in der Flasche. Diese Erscheinung ist ohne Einfluß auf die Entwicklungseigenschaften. Der verdünnte Rodinalentwickler ist bei Luftzutritt nur begrenzt haltbar. Es empfiehlt sich daher, stets nur soviel Lösung zu bereiten, wie gerade benötigt wird. Am Abend eines jeden Arbeitstages muß der verdünnte Entwickler auf jeden Fall weggeschüttet werden. Für die Herstellung von Papierbildern ist dieser Entwickler nicht zu verwenden.

#### Agfa-Final-Feinkorn- und Ausgleichentwickler

Sowohl für die Schalen- als auch für die Tankentwicklung geeignet, verfügt dieser Entwickler über eine gute Haltbarkeit und Ausnutzungsfähigkeit. Die Auflösung der trocknen Salze ist denkbar einfach und wird entsprechend der der Packung beiliegenden Gebrauchsanweisung vorgenommen. Agfa-Finalentwickelt zu normalem Kontrast. Als Positiventwickler ist Final nicht geeignet.

#### Agfa-Atomal-F-Feinstkornentwickler

Ein für die bildmäßige Infrarot-Photographie gut geeigneter Entwickler. Die Substanzen werden in trockner Form geliefert, so daß sie nur der Vorschrift entsprechend aufzulösen sind. Atomal F liefert zarte Negative bei hervorragend feinem Korn und sehr gutem Auflösungsvermögen. In der Haltbarkeit und Ausnutzungsfähigkeit entspricht Atomal F dem Final-Entwickler. Atomal F ist kein Positiventwickler.

#### Agfa 1

Wasser	750 ml
Metol	5 g
Natriumsulfit wasserfrei	40 g (oder 80 g krist.)
Hydrochinon	6 g
Kaliumkarbonat	40 g
Kaliumbromid	2 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Dieser Entwickler kann auch als kräftig arbeitender Positiventwickler Verwendung finden.

#### Agfa 8

Wasser	750 ml
Natriumsulfit wasserfrei	12,5 g (oder 25 g krist.)
Glycin	2 g
Kaliumkarbonat	25 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Besonders geeignet für Agfa-Infrarot-Platten 950 und 1050.

#### Agfa 12

Wasser	750 ml
Metol	8 g
Natriumsulfit wasserfrei	125 g (oder 250 g krist.)
Natriumkarbonat wasserfrei	6 g (oder 16,2 g krist.)
Kaliumbromid	2,5 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Entwickler dieser Gruppe (Hochsulfit) arbeiten sehr feinkörnig, eignen sich aber nicht als Positiventwickler.

#### Agfa 14

Wasser	750 ml
Metol	4,5 g
Natriumsulfit wasserfrei	85 g (oder 170 g krist.)
Natriumkarbonat wasserfrei	1 g (oder 2,7 g krist.)
Kaliumbromid	0,5 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Hier handelt es sich ebenfalls um einen feinkörnig arbeitenden Negativentwickler, der aber bei Positiven nur ungenügende Schwärzungen ergibt.

#### Agfa 15

Wasser	750 ml
Metol	8 g
Natriumsulfit wasserfrei	125 g (oder 250 g krist.)
Natriumkarbonat wasserfrei	12 g (oder 32,4 g krist.)
Kaliumbromid	1,5 g
mit Wasser auffüllen bis	1 l

Auch diesen Entwickler nimmt man nicht für die Positivbearbeitung.

### Helllichtentwicklung

In der Infrarot-Photographie hängt die Qualität des später anzufertigenden Positivs sehr von dem Kontrast und der Dichte des Negativs ab. Kann während der Entwicklung die zunehmende Schwärzung gut beobachtet werden, so läßt sich der richtige Zeitpunkt zur Beendigung des Entwicklungsvorganges sicherer bestimmen. Dazu wird aber auch eine viel hellere Dunkelkammerbeleuchtung benötigt. Um diese anwenden zu können, muß das Infrarot-Material desensibilisiert werden.

Dieser Vorgang läßt sich mit Hilfe eines geeigneten Desensibilisators während des Entwicklungsvorganges durchführen. „Agfa-Denoxan“, als Desensibilisator in Tablettenform geliefert, wird entsprechend der Vorschrift aufgelöst und dem Entwickler zugesetzt.

Noch bequemer ist der neue Helllichtentwickler „Agfa-Denal“. Er gestattet die Verwendung einer sehr hellen Dunkelkammerbeleuchtung. Zudem handelt es sich bei diesem Erzeugnis um einen Feinstkornentwickler, der Infrarot-Materialien zu geringem Kontrast entwickelt (s. S. 26).

Die Entwicklung beginnt in beiden Fällen zunächst bei der erwähnten Dunkelkammerbeleuchtung (s. S. 24) oder völlig im Dunkeln. Nach wenigen Minuten Entwicklungsdauer – während dieser Zeit übt der Desensibilisator seine Wirkung aus – kann eine hellere Beleuchtung eingeschaltet werden, und zwar bei Denoxan nach 2 Minuten das Licht des Agfa-Dunkelkammerschutzfilters 103 (grün), welches das Infrarot-Material unter Verwendung einer 15-Watt-Lampe direkt beschneien darf, oder das bei derselben Wattzahl noch hellere Licht des Schutzfilters 113D (gelbgrün), welches auf die Filme oder Platten aber nur **indirekt** wirken darf. Der Helllichtentwickler Agfa-Denal erlaubt nach 3 Minuten Entwicklung bei den vorgeschriebenen Dunkelkammerschutzfiltern (s. S. 24) die Anwendung des sehr hellen Filters 113D (gelbgrün) unter **direkter** Beleuchtung. Bei diesen Beleuchtungen läßt sich die fortschreitende Entwicklung genau verfolgen. Für die hochsensibilisierten Infrarot-Materialien, deren maximale Empfindlichkeit bei 800 m $\mu$  oder höher liegt, ist aber trotzdem noch Vorsicht geboten. Ein Abstand von 75 cm zwischen Leuchte und Entwicklungsschale darf für die Dauer der Entwicklung **nicht** unterschritten werden. Nur zur Beurteilung in der Durchsicht geht man für kurze Zeit näher an die Leuchte heran.

Das Negativ hat dann seine Deckung erreicht, wenn es die Kraft erhalten hat, die es nach der Fixage aufweisen soll. Zwar täuscht anfangs noch die durch das gelbliche Bromsilber bedingte Trübung des Negativs. Der Unterschied gegenüber dem ausfixierten klaren Negativ ist aber sehr gering. Hat man die Helllichtentwicklung erst einige Male ausgeübt, dann wird man sich später immer dieser Methode bedienen, da sie sichere Ergebnisse garantiert.

### Unterbrechung

Nach der beendeten Entwicklung müssen die Platten und Filme sorgfältig abgespült werden. Das geschieht entweder in reinem, am besten fließendem Wasser 20–30 Sekunden lang oder in einem Unterbrecherbad. Unterbrecherbäder sind einfach anzusetzen und wirksamer als Wasser allein. Beim Übergang vom alkalischen Entwickler in ein saures Unterbrecherbad wird der in der gequollenen Schicht befindliche Entwickler seiner Fähigkeit beraubt, noch weiter reduzierend zu wirken. Außerdem verhindert ein Unterbrecherbad das Einschleppen von Entwickleralkali in das saure Fixierbad.

Brauchbare Unterbrecherbäder sind:

Agfa 200	Wasser	980 ml
	Eisessig	20 ml
Agfa 201	Wasser	900 ml
	Kaliummetabisulfit	40 g
	nach der Auflösung bis	1 l auffüllen
Agfa 202	Wasser	925 ml
	Bisulfatlauge	75 ml

Behandlungsdauer für die Bäder 20–30 Sekunden.

### Fixage

Das Fixierbad hat die Aufgabe, das noch unveränderte Halogensilber, das nicht zum Negativaufbau gebraucht wurde, herauszulösen. Ist dieser Vorgang vollzogen, so kann das Negativ dem hellen Licht ausgesetzt werden.

Zum Fixieren werden für Infrarot-Materialien stets saure Fixierbäder verwendet. Sie sind haltbar und lösen die Sensibilisierungsfarbstoffe sicherer aus der Schicht heraus als ein neutrales Fixierbad. Infrarot-Platten und -Filme benötigen eine verhältnismäßig lange Fixierzeit. Bei frischen Bädern von 18° C kann im Durchschnitt mit einer Dauer von 6–10 Minuten gerechnet werden. Eine Bewegung zu Beginn des Fixierens ist ratsam. Die Fixierzeit verlängert sich bei niederen Temperaturen und nach längerer Gebrauchsdauer des Bades. Als ausgebrüht ist ein Fixierbad anzusehen, wenn in einem Liter 100 Platten 9×12 cm oder 15 Kleinbildfilme fixiert wurden. Eine weitere Verwendung des Bades würde leicht zu dichroitischem Schleier führen, besonders dann, wenn kein Unterbrecherbad verwendet wurde. Ein dichroitischer Schleier erscheint in der Durchsicht rotviolett oder gelblich und in der Aufsicht blaugrün schillernd.

Als Fixierbad eignen sich die im Handel befindlichen Gebrauchspackungen. Für den Selbstansatz ist folgendes Rezept zu empfehlen:

Agfa 301	Wasser	750 ml
	Natriumthiosulfat krist.	250 g
	Natriumbisulfit	15 g
	oder	
	Natriumbisulfitlauge	40 ml
	mit Wasser auffüllen bis	1 l

Natriumthiosulfat krist. geht unter starker Abkühlung in Lösung. Deshalb ist eine Auflösung in Wasser von 60–70 °C sehr förderlich, anschließend muß das Fixierbad zum Gebrauch auf etwa 18 °C temperiert werden.

## Wässerung

Nach dem Fixieren erfolgt die Schlüßwässerung. Sie wird vorteilhaft in fließendem Wasser vorgenommen und dauert dann 20–30 Minuten. Um zu vermeiden, daß aus der Wasserleitung Verunreinigungen (feiner Sand, Rostteilchen usw.) auf die Platten oder Filme gelangen, empfiehlt sich die Vorschaltung eines keramischen Filterkörpers. Wo dieser nicht zur Verfügung steht, tut ein vor den Leitungshahn gebundener Lederlapplen die gleichen Dienste.

## Trocknung

Platten werden so aufgestellt, daß das Wasser an einer Ecke abtropfen kann. Filme werden freihängend getrocknet. Der zum Trocknen dienende Raum muß staubfrei sein. In feuchtwarmen Räumen ohne Luftströmung können sich, besonders im Sommer, auf der Schicht Bakterienkulturen bilden. Sie hinterlassen dort dunkle oder helle Punkte. Wird eine schnellere Trocknung erforderlich, so kann die Raumtemperatur bis zu 30 °C erhöht werden. Es muß dann aber für eine ausreichende Luftbewegung gesorgt werden.

## Übersensibilisierung

Reicht in außergewöhnlichen Fällen die Empfindlichkeit des Infrarot-Materials nicht aus, so kann durch Übersensibilisierung ein Gewinn an Empfindlichkeit erzielt werden. Hier sollen zwei erprobte Verfahren genannt werden:

## 1. Nasse Übersensibilisierung

Vorratslösung:	
Wasser, destilliert	1000 ml
Natriumkarbonat, kristallisiert	80 g
Ammoniaklösung, konzentriert	80 ml

Zum Gebrauch ist die Vorratslösung im Verhältnis 1 + 40 mit tiefgekühltem Wasser zu verdünnen. Die Platten werden 10 Minuten bei 10–12 °C in völliger Dunkelheit gebadet und danach mehrere Male mit frischem Methanol abgespült. Anschließend erfolgt die Trocknung im kalten Luftstrom eines Ventilators, der aber keine Funkenbildung zeigen darf, weil sonst durch Schleier der Erfolg in Frage gestellt wird. Die Trocknung ist nach 10–15 Minuten beendet. Auf diese Weise ist für die Infrarot-Plattensorten 700 bis 850 eine Empfindlichkeitssteigerung um den Faktor 2–4 zu erzielen, bei den Sorten 950 und 1050 eine solche bis zum Faktor 8. Eine Kornvergrößerung muß hierbei in Kauf genommen werden. Die übersensibilisierten Materialien sind nur 24 Stunden haltbar.

## 2. Trockne Übersensibilisierung

In einen Exsikkator oder, wo dieser nicht zur Verfügung steht, in ein größeres verschließbares Glasgefäß stellt man einen kleinen Behälter, in den einige Tropfen Quecksilber gegeben werden. Dann bringt man die geschlossene Plattenpackung oder den locker aufgewickelten Film, in schwarzem Papier verpackt, so in den Behälter, daß die sich entwickelnden Quecksilberdämpfe das Infrarot-Material gleichmäßig umströmen können. Die Dämpfe durchdringen das Papier und können auch auf die Platten einwirken, da durch eine sinnvolle Verpackung seitens der Fabrik zwischen den Schichtseiten der Platten ein kleiner Zwischenraum besteht. Der gleiche Vorgang vollzieht sich beim Film, wenn er in losen Windungen so eingepackt wird, wie es oben angegeben ist. Nach einer Aufbewahrung von 2-3 Tagen bei Zimmertemperatur wird eine ähnliche Empfindlichkeitssteigerung erzielt sein, wie sie bei der nassen Übersensibilisierung angegeben ist. Nach 2-6 Wochen klingt die gesteigerte Empfindlichkeit wieder ab. Mit der Übersensibilisierung ist ein Ansteigen des Grundschielers verbunden. Aus diesem Grunde darf die Übersensibilisierung nicht zu weit ausgedehnt werden. Ein zu starker Schleier bedeutet aber keinen Empfindlichkeitsgewinn, da die durch die Aufnahme belichteten geringsten Schwärzungen dann im Schleier untergehen würden.

Es soll nicht versäumt werden, auf die Giftigkeit von Quecksilberdämpfen hinzuweisen. Quecksilber stets in verschlossenen Behältern aufbewahren und nichts verschütten!

## AUFGNAHMETECHNISCHE BELANGE

### Kameras

Jede Kamera ist für Infrarot-Aufnahmen geeignet. Die Verwendbarkeit richtet sich jedoch nach dem erhältlichen Material. Kleinbildkameras können Anwendung finden, da der Agfa-Infrarapid-Film 750 in Kleinbildpatronen und als Meterware in 35 mm Breite erhältlich ist. Infrarot-Platten gibt es in den Formaten 6,5×9, 9×12, 13×18 und 18×24 cm. Infolgedessen lassen sich Klappkameras, Reise-, Atelier- und Reproduktionskameras ebenfalls für die Infrarot-Photographic einsetzen. Große Aufmerksamkeit muß man dem Kamerabalg schenken. Er kann für das sichtbare Licht durchaus zuverlässig sein, läßt aber in manchen Fällen Infrarot-Strahlung durch. In diesem Falle ist eine Verschleierung des Aufnahmematerials die unabdingliche Folge. Auf Bestellung werden von der Filmfabrik Agfa auch Infrarot-Platten im Format 6×6 cm geliefert, wodurch die bekannten Spiegelreflexkameras, die mit einem Plattenadapter versehen sind, ebenfalls für Infrarot-Aufnahmen genommen werden können.

### Objektive

Wenn es sich nicht gerade um „urale“ Objektive handelt, so können praktisch alle Photo-Objektive für die Infrarot-Photographic angewendet werden. Da aber fast alle Objektive nicht für infrarote Strahlen korrigiert sind, ist der Schärfeinstellung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Diese soll daher noch gesondert besprochen werden.

Wir haben gesehen, wie ein weißer Lichtstrahl durch ein Prisma in Licht verschiedener Wellenlängen zerlegt wird. Bei einer Linse liegen die Verhältnisse ähnlich. Fällt ein Lichtstrahl durch eine Linse, so erhalten wir auf der optischen Hauptachse nicht nur einen Brennpunkt, sondern je nach der Brechbarkeit mehrere. Der Linse am nächsten liegt der Brennpunkt für Blau, dann folgen Gelb und Rot und schließlich Infrarot. Infrarot hat also die größte Brennweite. Objektive sind aber ein System von Linsen, und zwar sind sie so kombiniert, daß der Brennpunkt für das sichtbare Licht praktisch in einem Punkt zusammenfällt. Es besteht dann

keine Differenz mehr zwischen blauen, gelben und roten Strahlen. In manchen Fällen liegt der Brennpunkt für Infrarot so nahe, daß eine Korrektur bei Infrarot-Aufnahmen nicht mehr erforderlich ist. Einige optische Firmen sind dazu übergegangen, an ihren Objektiven einen Einstellpunkt für Infrarot anzubringen, der uns der Sorge um die Schärfeneinstellung enthebt. In anderen Fällen ist es zu empfehlen, durch Vergleichsaufnahmen das Objektiv für Infrarot-Aufnahmen zu eichen.

In der Mikrophotographie liegen die Verhältnisse ähnlich. VEB Carl Zeiß, Jena, gibt an, daß alle Zeiß-Mikroskop-Objektive für die Infrarot-Photographie zu verwenden sind, wenn die Fokusdifferenz bei der Einstellung ohne Infrarot-Filter gegenüber der Belichtung mit Filter berücksichtigt wird.

Objektive ohne Fokusdifferenz sind die Spiegelobjektive, analog den Spiegelteleskopen der Astronomen aus Wölb- und Hohlspiegeln zusammengesetzte Systeme. Da bei der Spiegelung keine Zerlegung des weißen Lichtes in seine farbigen Komponenten stattfindet, kann auch keine Fokusdifferenz auftreten. Man kann nach Einstellung bei einer beliebigen Wellenlänge des sichtbaren Bereichs mit scharfer Abbildung auch im unsichtbaren Spektralbereich, also Infrarot und Ultraviolet, rechnen. Voraussetzung ist jedoch, daß die für das Objektiv verwendeten Spiegel Oberflächenspiegel sind, deren Spiegelbeläge im unsichtbaren Spektralbereich nicht absorbieren (1).

Die „Bestimmung der Schnittweite\* und der Brennweite photographischer Objektive für Ultrarot“ behandelt Naumann in mehreren Arbeiten (2, 3, 4). Er stellt fest, daß für nicht allzu extremes Infrarot – etwa um 800  $\mu$ r herum – die Schnittweitenverlängerung einige Promille bis zu einem Prozent der Brennweite beträgt, während die Brennweitenverlängerung meist etwas kleiner ist; gelegentlich gibt es Objektive, für die einer der Werte praktisch Null ist. Das kann bei sorgfältig achromatisierten Systemen dank ihrer Linsen aus Kurzflint der Fall sein. Systeme gleichen äußerlichen Aufbaus, aber verschiedener Herkunft, bestehen oft auch aus anderen Glasarten und haben dann gänzlich andere Werte.

\* Unter Schnittweite versteht man den Luftabstand der letzten Linsenfläche vom Brennpunkt bzw. von der senkrecht zur optischen Achse stehenden Bildebene.

### Einstellung und Blende

Gegenüber einer Einstellung im sichtbaren Gebiet bestehen für das Infrarot Differenzen, da die meisten Objektive für Infrarot nicht korrigiert sind. Diese Fokusdifferenz wird mit zunehmender Wellenlänge etwas größer. Je nach dem Empfindlichkeitsmaximum des verwendeten Materials bestehen also kleine Unterschiede, die bei der Schärfeneinstellung zur Aufnahme unter Umständen berücksichtigt werden müssen.

Mit Kameras, die eine Schärfeneinstellung nach der Mattscheibe gestatten, kann man für die genannten Infrarot-Materialien auf folgende Weise zu guter Schärfe kommen: Zunächst wird normal eingestellt. Sodann setzt man das für die Aufnahme bestimmte Filter vor das Objektiv und stellt die Schärfe nach, wobei eine Verlängerung des Auszuges zu beachten sein muß. Diese Nacheinstellung ist jedoch nur bei hellen Aufnahmeobjekten und verhältnismäßig hellen Rotfiltern möglich.

Handelt es sich um ein weniger helles Aufnahmeobjekt, oder ist das für die Aufnahme bestimmte Filter sehr dunkel, dann kann annähernd richtige Schärfe erzielt werden, wenn mit einem hellen Rotfilter eingestellt wird, welches zur Aufnahme gegen das erforderliche dunklere Filter ausgewechselt wird.

In den genannten Fällen ist es gut, wenn nach der Einstellung, die mit größter Blende vorgenommen wird, die Blende zur Aufnahme um zwei bis drei Intervalle kleiner eingestellt wird.

Die Optischen Werke Ernst Leitz GmbH, Wetzlar, haben an den von ihnen hergestellten Objektiven neben der Haupteinstellmarke, dem In-



Abb. 22. Leitz Summicron, mit der Markierung „R“ neben der Haupteinstellmarke ▲.

\* Veröffentlichung mit frdl. Genehmigung der Fa. Ernst Leitz GmbH, Optische Werke, Wetzlar.

dex für die Entfernung, noch eine zweite Marke mit der Markierung „R“ angebracht (s. Abb. 22). Bei Verwendung der heute gebräuchlichen Infrarot-Kleinbildfilme wird für Aufnahmen mit Unendlichkeitseinstellung statt auf die Haupteinstellmerke „▲“ auf den Punkt „R“ eingestellt. Er enthebt uns der Sorge um die Schärfe.

An anderen Markenobjektiven befindet sich für Infrarot-Aufnahmen keine Markierung, auf die eingestellt werden könnte, da die Infrarot-Photographie bisher nur in kleinem Umfange ausgeübt wurde.

Die Firmen geben aber auf Anfrage die Abweichungen bekannt, die man sich selbst am Objektiv anbringen kann. Es bestehen verschiedene Möglichkeiten:

- Die Abweichung des Index ist auf dem Umfang des Objektivs in mm aufzutragen, je nach der Bauart nach links oder rechts;
- die gleiche Differenz ist auf dem Umfang der Entfernungsskala abzutragen;
- der Auszug verlängert sich um die aufgeführte Differenz;
- die angegebenen Verstellwerte der Entfernungsskala sind statt  $\infty$  zu verwenden.

In allen Fällen muß sich eine Auszugsverlängerung ergeben. Die nachstehenden Firmen stellten folgende Werte für ihre Objektive bei Aufnahmen mit Unendlichkeitseinstellung und Infrarot-Material mit einem Empfindlichkeitsmaximum von 740 bis 800 m $\mu$  zur Verfügung:

#### VEB Feinoptisches Werk Görlitz, Meyer-Optik:

	zu a)	zu b)	zu c)	zu d)
	Abweichung in mm			
Helioplan	1:4.5 40	$\pm$ 6.2	$\pm$ 6.2	11 m
Primoplan	1:1.9 58	$\pm$ 3.8	$\pm$ 3.8	19 m
Trioplan	1:2.8 100	$\pm$ 4.0	$\pm$ 4.0	32.5 m
Telemegor	1:5.5 150	$\pm$ 12.2	$\pm$ 12.2	25 m
Telemegor	1:5.5 180	$\pm$ 12.6	$\pm$ 12.6	23.5 m
Telemegor	1:5.5 250	$\pm$ 10.2	$\pm$ 10.2	42 m
Telemegor	1:5.5 400	$\pm$ 18.3	$\pm$ 18.3	65 m

	zu a)	zu b)	zu c)	zu d)
	Abweichung in mm			

#### Optische Werke G. Rodenstock, München und Regen:

Heliagon	1:2.50	$\pm$ 0,10	25 m
Heliagon C	1:4.80	$\pm$ 0,30	20 m
Heliagon C	1:5.6.35	$\pm$ 0,15	9 m
Trinar	1:3.5.45	$\pm$ 0,15	15 m
Trinar	1:3.5.50	$\pm$ 0,10	25 m
Ysar	1:3.5.50	$\pm$ 0,10	20 m
Yronar	1:3.5.135	$\pm$ 0,50	35 m

#### Optische Werke Jos. Schneider & Co., Kreuznach (Rhld.):

Xenagon	1:3.5.30	$\pm$ 0,10	10 m
Xenagon	1:2.8.35	$\pm$ 0,07	20 m
Xenagon	1:3.5.35	$\pm$ 0,13	10 m
Xenar	1:2.8.38	$\pm$ 0,12	15 m
Xenon	1:1.9.40	$\pm$ 0,10	15 m
Isogon	1:4.5.40	$\pm$ 0,14	10 m
Xenar	1:2.8.45	$\pm$ 0,11	20 m
Radiotar	1:3.5.45	—	15 m
Xenon	1:1.9.50	$\pm$ 0,10	25 m
Xenon	1:2.50	$\pm$ 0,17	15 m
Xenar	1:2.8.50	$\pm$ 0,12	20 m
Xenon	1:3.5.50	$\pm$ 0,20	10 m
Xenar	1:3.5.75	$\pm$ 0,40	15 m
Tele-Xenar	1:3.8.75	$\pm$ 0,30	20 m
Radiotar	1:4.5.75	—	10 m
Tele-Xenar	1:4.5.90	$\pm$ 0,40	20 m
Tele-Xenar	1:4.135	$\pm$ 0,35	35 m
Xenar	1:4.5.150	$\pm$ 0,60	40 m
Tele-Xenar	1:4.5.150	$\pm$ 0,70	35 m
Tele-Xenar	1:5.5.150	$\pm$ 0,65	35 m
Tele-Xenar	1:5.5.180	$\pm$ 0,73	50 m
Tele-Xenar	1:5.5.360	$\pm$ 2,50	50 m

#### Optische Werke C. A. Steinheil Söhne GmbH, München:

Orthostigmat	1:4.5.35	$\pm$ 0,13
Quinon	1:2.50	$\pm$ 0,07
Culminar	1:2.8.85	$\pm$ 0,16
Quinar	1:2.8.135	$\pm$ 0,12
Culminar	1:4.5.135	$\pm$ 0,60
Tele-Quinar	1:4.5.200	$\pm$ 0,70

	zu a)	zu b)	zu c)	zu d)
	Abweichung in mm			
Flektogon	1:2,8 35		9 m	
Tessar	1:4,5 40		11 m	
Tessar	1:2,8 50		12,5 m	
Tessar	1:3,5 50		14 m	
Biotar	1:2,58		20 m	
Biotar	1:1,5 75		27 m	
Triotar	1:4 135		39 m	
Sonnar	1:2,8 180		47,5 m	
Sonnar	1:4 300		74 m	
Zeiss-Fernobjektiv	1:8 500		196 m	

#### VEB Carl Zeiß, Jena:

	zu a)	zu b)	zu c)	zu d)
	Abweichung in mm			
Flektogon	1:2,8 35		9 m	
Tessar	1:4,5 40		11 m	
Tessar	1:2,8 50		12,5 m	
Tessar	1:3,5 50		14 m	
Biotar	1:2,58		20 m	
Biotar	1:1,5 75		27 m	
Triotar	1:4 135		39 m	
Sonnar	1:2,8 180		47,5 m	
Sonnar	1:4 300		74 m	
Zeiss-Fernobjektiv	1:8 500		196 m	

Wie sich die Einstellungen auf kürzere Entferungen gegenüber der Unendlichkeits-Einstellung verändern, zeigen die folgenden Beispiele von Meyer-Objektiven, wobei die Tabelle I die Abweichung in mm vom Index für eine bestimmte Meterzahl angibt.

Die Tabelle II dagegen enthält die Werte, die vorteilhaft auf der Meter-skala des Objektives in mm abgetragen werden, wenn statt des Index für sichtbares Licht der Infrarotpunkt für unendlich schon festgelegt ist.

	I		II	
	Abweichung in mm gegenüber dem Index		Abweichung in mm gegenüber dem Infrarotpunkt Unendlich	
<b>Meyer Primoplan 1:1,9 58</b>				
für	∞	3,8		
12,0 m	3,8	für 12,0 m	—	
8,0 m	3,8	8,0 m	—	
4,0 m	3,9	4,0 m	0,1	
2,6 m	4,0	2,6 m	0,2	
2,0 m	4,1	2,0 m	0,3	
1,6 m	4,2	1,6 m	0,4	
1,0 m	4,4	1,0 m	0,6	
0,8 m	4,6	0,8 m	0,8	
<b>Meyer Telemegor 1:5,5 250</b>				
für	∞	10,2		
30 m	10,3	für 30 m	0,1	
15 m	10,4	15 m	0,2	
10 m	10,6	10 m	0,4	
6 m	11,2	6 m	1,0	
4 m	12,7	4 m	2,5	
3 m	14,2	3 m	4,0	

Für das Heligon 1:2,50 geben die Optischen Werke G. Rodenstock bei Infrarot-Einstellungen für kürzere Entferungen folgende Werte an:

Einstellung bei sichtbarem Licht:	Einstellung im Infrarot:
∞	25 m
20 m	9,5 m
15 m	8,2 m
12 m	7,2 m
10 m	6,4 m
9 m	6,0 m
7 m	5,0 m
6 m	4,5 m
4 m	3,2 m
3 m	2,5 m
2 m	1,75 m
1 m	0,9 m

Zur Frage des Abblenden ist zu sagen, daß im Interesse der Verkürzung der Belichtungszeit nur mit großen bis mittleren Blenden gearbeitet werden sollte. An kleineren Blenden führt das langwellige Rot außerdem zu stärkerer Beugung.

#### Aufnahmefilter

Filter wurden bisher schon mehrfach erwähnt. Für die Infrarot-Photographie sind sie praktisch unerlässlich, und wir müssen uns daher mit den Aufnahmefiltern befassen. Filter haben die Eigenschaft, in erster Linie die Strahlen der eigenen Farbe passieren zu lassen. In der Infrarot-Photographie kommen, wie wir schon aus den früheren Abschnitten ersehen haben, nur die Infrarot-Strahlen selbst oder notfalls noch die langen Wellen des sichtbaren Lichtes in Betracht. Infolgedessen können für Infrarot-Aufnahmefiltern auch nur rote Filter verschiedener Färbung und Dichte zur Verwendung kommen. Es gibt noch die als Schwarzfilter bezeichneten Sorten. Bei ihnen handelt es sich um Filter von tiefroter Färbung. Sie sind für das Auge kaum oder gar nicht mehr durchsichtig. Es ist zu beachten, daß das zur Anwendung kommende Filter so auf das Objektiv aufgesetzt wird, daß ein seitliches Eindringen von sichtbarem Licht unmöglich ist. Seitlich eintretendes Licht kann durch Spiegelung zwischen der Vorderfläche des Objektives und dem Filter das Aufnahmegergebnis in Frage stellen.

Unter dem Abschnitt Infrarot-Materialien haben wir gesehen, für welche Wellenlängen bestimmte Infrarot-Sorten empfindlich sind. Wir haben das Maximum der einzelnen Sorten ermittelt und müssen nun, wenn wir Filter verwenden wollen, auch wissen, welche Wellenlängen vom Aufnahmefilter absorbiert bzw. durchgelassen werden. Erst wenn man das genau weiß, kann das für die Infrarot-Aufnahme richtige Filter ausgewählt werden. Für die Auswahl der Filter können Durchlässigkeitskurven dienen. Die herstellenden Firmen haben in Listen entsprechende Kurvenmaterial veröffentlicht.

Vom VEB Filmfabrik Agfa Wolfen werden Filter in nachstehenden Abmessungen geliefert. Sie bestehen aus zwei plangeschliffenen, gekitteten Spiegelglasscheiben, von denen die eine auf einer Seite mit gefärbter Gelatinelösung begossen wurde.

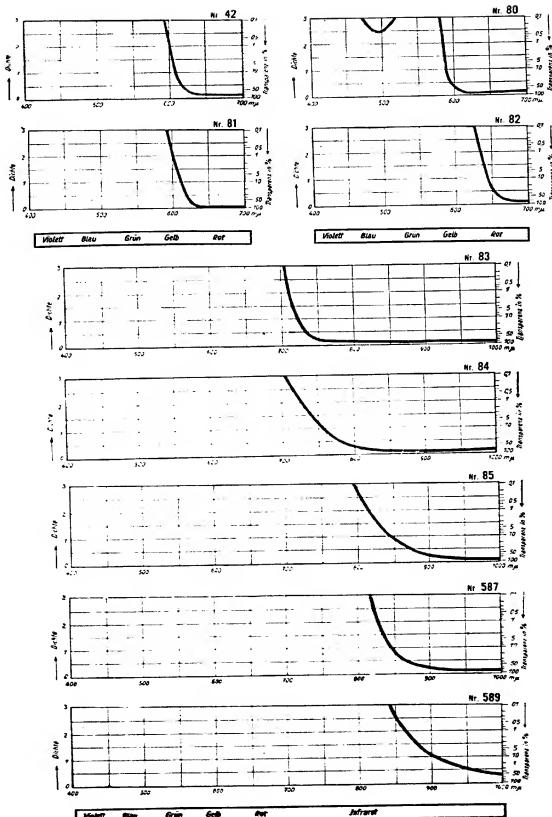
Quadratische Filter	30 x 30 mm	Runde Filter Ø	18.19 mm
	40 x 40 mm		25.26 mm
	45 x 45 mm		30.31 mm
	60 x 60 mm		39.40 mm

In Betracht kommen für die Infrarot-Photographie folgende Filter:

Agfa-Filter Nr.	Filter-Farbe	Ausschaltung aller Strahlen unterhalb
42	Rot	600 mμ
80	Hellrot	580 mμ
81	Rot	600 mμ
82	Dunkelrot	630 mμ
83	Schwarz	710 mμ
84	Schwarz	730 mμ
85	Schwarz	820 mμ
587	Schwarz	830 mμ
589	Schwarz	870 mμ

Die nebenstehenden Abbildungen, mit freundlicher Genehmigung des VEB Filmfabrik Agfa Wolfen übernommen, zeigen den Kurvenverlauf der Agfa-Lichtfilter. Der dunkle Teil gibt das Gebiet der Strahlen an, die vom Filter absorbiert werden, der helle Teil dagegen das Gebiet, in dem das Filter die Strahlen durchläßt.

Abb. 23-31. Dichtekurven von Agfa-Lichtfiltern, die für Infrarot-Aufnahmen geeignet sind.



Von den Filtergläsern des VEB Glaswerk Schott u. Gen., Jena, eignen sich ebenfalls eine ganze Reihe von Filtern, die hier genannt werden sollen:

Jenaer Filter Nr.	Farbe	Ausschaltung aller Strahlen unterhalb
RG 1	helles Rot	600 m $\mu$
RG 2	reines Rot	610 m $\mu$
RG 5	dunkles Rot	660 m $\mu$
RG 7	tieftes Rot	850 m $\mu$
RG 8	sehr dunkles Rot	680 m $\mu$
RG 9	tieftes Rot	720 m $\mu$
RG 10	tieftes Rot	750 m $\mu$
UG 8	tieftes Rot	900 m $\mu$

Die nebenstehenden Abbildungen wurden mit freundlicher Genehmigung des VEB Optik, Jenaer Glaswerk Schott u. Gen., Jena, der Liste Schott 42-8040-1 entnommen.

Zur Wahl des Aufnahmefilters müssen wir uns die Spektren der Abb. 7 bis 18 noch einmal betrachten. Wir erkennen, für welche Wellenlängen die einzelnen Sorten empfindlich sind. Bei den Filtern haben wir die Angaben, welche Wellenlängen durchgelassen werden. Naturgemäß kann für das zur Verwendung kommende Infrarot-Material auch nur ein solches Filter gewählt werden, das Strahlen innerhalb dieses Empfindlichkeitsbereiches durchlässt. Z. B. ist die Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid für den Bereich von 700 bis 855 m $\mu$  empfindlich. Infolgedessen kann sie nur mit einem Filter kombiniert werden, das die Strahlen unterhalb 700 m $\mu$  ausschaltet. Soll aber nur ein enger, begrenzter Bereich wirksam werden, so wird man ein Filter wählen müssen, das die Strahlen etwas unterhalb des Maximums ausschließt, in diesem Falle ein Filter, das alle Strahlen unter 810 m $\mu$  absorbiert. Käme ein Filter zur Anwendung, das alle Strahlen bis zu 860 m $\mu$  abschneidet, so würde selbst die längste Belichtung zu keinem Resultat mehr führen. Nehmen wir noch den sehr gebräuchlichen Agfa-Infrarapid-Film 750 als Beispiel: Empfindlichkeitsbereich 630 bis 805 m. Verwendbare Filter solche, die alle Strahlen unterhalb 630 m ausschalten. Mit Filtern, die alle Strahlen unterhalb 805 m abschneiden, würde in diesem Falle keine Belichtung mehr zu erzielen sein. Die Belichtung ist in der Infrarot-Photographie

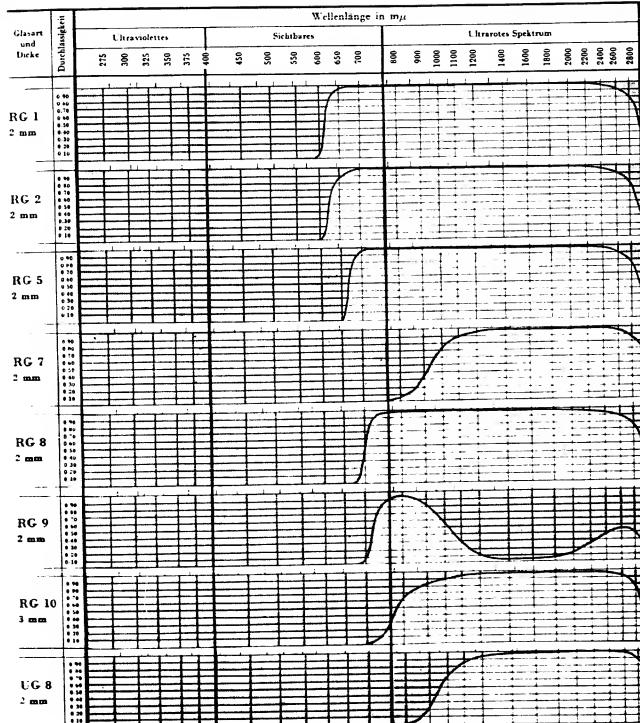


Abb. 32-39. Durchlässigkeitskurven von Schott-Filters, die für Infrarot-Aufnahmen geeignet sind.

aber ein Faktor von hoher Wichtigkeit, dem wir unsere besondere Beachtung schenken müssen.

#### Belichtung

Filter verlängern stets die Belichtungszeit. Sie verlängert sich um so mehr, je dunkler und je dichter ein Filter ist. Da wir kein Maß für die Empfindlichkeit von Infrarot-Materialien haben (s. S. 21), sind wir auf vergleichende Werte, ausgehend von einem gewöhnlichen Aufnahmematerial mit bekannter Empfindlichkeit, angewiesen.

Aber die Belichtungszeit verlängert sich nicht nur durch die Filter, sondern auch mit der Sensibilisierung des Infrarot-Materials, und zwar muß länger belichtet werden, je weiter das Empfindlichkeitsmaximum im langwelligeren Gebiet des Infrarot liegt. (Eine Ausnahme bildet durch seine besondere Empfindlichkeit der Agfa-Infrarapid-Film 750.)

Dazu kann noch eine Belichtungsverlängerung kommen, die sich aus den Besonderheiten des Motivs ergibt, etwa dem Durchdringen von Dunstschichten oder Nebel.

Allerdings können sehr dichter Nebel oder gar Wolken selbst bei längster Belichtungszeit nicht durchdrungen werden. Dies muß betont werden, da in dieser Hinsicht übertriebene Vorstellungen bestehen. Unter dem Abschnitt „Aus der Praxis“ werden noch Beispiele zur Erläuterung besprochen (s. S. 78 bis 82).

Soll die Belichtungszeit durch einen Belichtungsmesser ermittelt werden, dann kann als Anhalt bei niederen bis mittleren Werten der angegebenen Verlängerungsfaktoren der Aufstellung auf Seite 47 mit einer DIN-Zahl nach folgender Tabelle gerechnet werden.

Verlängerungsfaktor	DIN-Zahl
2	15/10
4	12/10
6	10/10
10	8/10
16	6/10
20	5/10
32	3/10

#### Verlängerungsfaktoren für Agfa-Infrarot-Materialien:

a) Für Aufnahmen mit Filter bei klarem Wetter mit Sonnenschein gegenüber einem orthochromatischen Aufnahmematerial von 18/10° DIN ohne Filter folgende Verlängerungsfaktoren:

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Rapid			Agfa-Infrarapid-Film
	700	750	800	850
Agfa 42	10	10	20	60
Agfa 80	10	10	20	60
Agfa 81	10	10	20	60
Agfa 82	10	10	20	60
Agfa 83	—	20	20	30
Agfa 84	—	20	30	50
Agfa 85	—	—	—	400
Schott RG 1	6	6	16	50
Schott RG 2	6	6	16	50
Schott RG 3	6	6	20	50
Schott RG 8	6	6	20	50
Schott RG 9	—	6	20	50
Schott RG 10	—	—	30	60

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Hart		
	700	750	800
Agfa 42	15	15	30
Agfa 80	15	15	30
Agfa 81	15	15	30
Agfa 82	15	15	30
Agfa 83	—	30	60
Agfa 84	—	30	60
Agfa 85	—	—	—
Schott RG 1	12	12	20
Schott RG 2	12	12	20
Schott RG 5	12	12	30
Schott RG 8	12	12	30
Schott RG 9	—	12	30
Schott RG 10	—	—	30

Filter Nr.	Agfa Infrarot-Sondaplatten	
	950	1050
Agfa 587	1000	10000
Agfa 589	2000	20000
Schott RG 7	1500	10000
Schott UG 8	2000	20000

## b) Für Aufnahmen mit Filter bei dem Licht von Nitraphotlampen:

## Verlängerungsfaktoren:

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Rapid			Agfa-Infrarapid- Film	
	700	750	800	850	750
Agfa 42	5	10	10	25	2
Agfa 80	5	10	10	25	2
Agfa 81	5	10	10	25	2
Agfa 82	5	10	10	25	2
Agfa 83	—	15	15	25	5
Agfa 84	—	15	10	20	5
Agfa 85	—	—	—	100	—
Schott RG 1	4	6	6	15	2
Schott RG 2	4	6	6	15	2
Schott RG 5	4	6	6	15	2
Schott RG 8	4	6	6	15	2
Schott RG 9	—	6	6	15	4
Schott RG 10	—	—	10	25	8

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Platten Hart			
	700	750	800	850
Agfa 42	5	10	10	25
Agfa 80	5	10	10	25
Agfa 81	5	10	10	25
Agfa 82	5	10	10	25
Agfa 83	—	10	10	20
Agfa 84	—	10	10	25
Agfa 85	—	—	—	100
Schott RG 1	6	8	8	20
Schott RG 2	6	8	8	20
Schott RG 3	6	8	8	20
Schott RG 5	6	8	8	20
Schott RG 8	6	8	8	20
Schott RG 9	—	8	8	20
Schott RG 10	—	—	12	36

Filter Nr.	Agfa-Infrarot-Sonderplatten	
	950	1050
Agfa 587	500	1000
Agfa 589	800	2000
Schott RG 7	500	1000
Schott UG 8	800	2000

Für Blitzlampen und Blitzröhren rechnet man heute allgemein mit Leitzahlen, die, richtig angewendet, zu guten Ergebnissen führen.

Die Belichtung einer Aufnahme ist dabei abhängig von der Empfindlichkeit des Aufnahmematerials, der verwendeten Blende und von der Entfernung des Blitzes vom Objekt.

Die Hersteller von Blitzlampen und Blitzröhren nennen für normales Aufnahmematerial die Leitzahl, wobei die Beziehung gilt: Leitzahl = Blendenzahl  $\times$  Entfernung Blitz-Objekt in Metern.

Für Infrarot-Film können wir diese Leitzahlen nicht einfach umrechnen, da der Anteil an Infrarot-Strahlung bei den einzelnen Blitzen sehr unterschiedlich ist. Deshalb wurden Leitzahlen für den Agfa-Infrarapid-Film 750 mit einigen Blitzlampen und Blitzröhren ermittelt.

Mit diesen Leitzahlen können wir die möglichen Grenzen der Aufnahmedingungen leicht feststellen:

a) Welche Entfernung ist zwischen Blitz und Objekt noch zulässig?

Leitzahl dividiert durch Blendenzahl (z. B. Leitzahl 24: Blende 8 = 3 m).

b) Welche Blende ist bei gegebener Entfernung erforderlich?

Leitzahl dividiert durch Entfernung in Metern (z. B. Leitzahl 24: 6 m = Blende 4).

Ermittelte Leitzahlen mit Blitzlampen des VEB Elektrotechnik, Eisenach, in Verbindung mit Agfa-Infrarapid-Film 750:

Lampentyp	Agfa-Filter Nr. 42	Agfa-Filter Nr. 83	Agfa-Filter Nr. 84
RFT DF 70 ungefärbt	33	31	20
RFT DF 20 ungefärbt	24	18	12
RFT F 20 ungefärbt	24	18	12
RFT DF 40 ungefärbt	15	12	8
RFT F 40 ungefärbt	12	9	6
RFT DF 70b <sup>a</sup>	30	24	15
RFT DF 20b <sup>a</sup>	20	17	10
RFT F 20b <sup>a</sup>	20	17	10

Leitzahlen für einige Röhrenblitzgeräte für Agfa-Infrarapid-Film 750:

B 70	VEB (K) Elektronik, Plauen (Vogtl.)	Blitzröhre XB 104	Fa. DGL
B 140		Blitzröhre XB 103	Prefler, Leipzig

M 30 = Mecablitz 30 | Metz, Apparatefabrik, Fürth

M 45 = Mecablitz 45	Agfa-Filter	Nr. 42	Nr. 80	Nr. 82	Nr. 83
	Blitzgerät				
	B 70	6	8	5	—
	B 140	8	10	8	6
	M 30	10	12	10	7
	M 45	15	16	15	10

\* mit blau gefärbtem Kolben, dem Tageslicht entsprechen.

## AUS DER PRAXIS

### Bildmäßige Infrarot-Aufnahmen

Das Lichtbild als Ausdrucksmittel zur Darstellung besonderer Schönheiten ist in der Schwarz-Weiß-Photographie schon seit langem Allgemeingut geworden. Die dafür zur Verfügung stehenden Materialien haben in den letzten Jahrzehnten, besonders durch die Einführung der panchromatischen Schichten, dazu beigetragen, daß die Photographie für diesen Zweck eine weite Verbreitung fand. Ein Mittel zur Effektsteigerung im Bilde wurde außerdem durch die Vielzahl der Aufnahmefilter gegeben. Diese Dinge in der Hand des Photographen, gleichgültig ob er die Photographie beruflich oder aus Liebhaberei ausübt, lassen bei überlegter Anwendung Bilder von starker Wirkung entstehen.

Wie auf allen Gebieten, geht aber die Entwicklung auch in der Photographie stetig weiter. Der Photograph sucht nach immer neuen Mitteln, um seinen Lichtbildern ein besonderes Aussehen zu verleihen.

Es gibt Motive, die selbst bei der besten Beleuchtung und guter Auffassung zur Erzielung richtiger Linienführung eben doch nicht so zur Wirkung kommen, wie es sich der Bildautor vorstellt. Durch die Infrarot-Photographie hat er aber für besondere Fälle ein Mittel in der Hand, doch zum Ziel zu kommen. Zugegeben, daß die Grauwerte in ihrer Tonabstufung dadurch starke Verschiebungen erleiden. Es kommt aber immer ganz darauf an, was bei der Wiedergabe erzielt werden soll.

Im allgemeinen wird sich die Infrarot-Photographie zur Steigerung von Effekten vorwiegend für Landschafts- und Architekturaufnahmen eignen. Voraussetzung dafür ist die Anwendung eines Rot- oder Schwarz-filters. Für diese Fälle müssen wir uns einprägen, wie die Farben im Positiv wiedergegeben werden, d. h., welche Farben in ihren Grauwerten hell und welche dunkel erscheinen.

1. Das Blattgrün kommt im Bilde ziemlich hell.
2. Das Grün von Nadelbäumen wird auch heller als sonst wieder gegeben, jedoch nicht so hell wie Blattgrün.
3. Ein klarer blauer Himmel im Mitlicht aufgenommen, erscheint sehr dunkel, wenn nicht gar schwarz.
4. Weiße Wolken heben sich bei blauem Himmel stark ab.

5. Im Gegenlicht wird der blaue Himmel nicht so dunkel.
6. Grauer Himmel wird in der Regel verhältnismäßig hell.
7. Die „warmen“ Farben Gelb bis Rot werden stets hell abgebildet.
8. Schattenpartien der Motive werden immer sehr dunkel.

Werden diese Punkte bei einer Aufnahme beachtet, so hat man schon eine Vorstellung, wie das Ergebnis ausfallen wird. An einigen Bildbeispielen wollen wir die gewonnenen Erkenntnisse besprechen:

In einem ganz einfachen Vorwurf (Abb. 40) verstand es der Bildautor durch geeignete Linienführung und guten Bildaufbau, eine schöne Komposition zu schaffen. Gesteuert wird die Wirkung des Bildes durch die leuchtend weißen Wolken am tiefdunklen Himmel und durch das helle Laub der Obstbäume im Garten.



Abb. 40. Agfa - Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 81 · Blende 8 · 1/50 Sek.  
Aufnahme: Günther Schlag



Abb. 41. Agfa-Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 5,6 · 1/100 Sek.  
Aufnahme: Siegfried Buchberger



Abb. 42. Agfa-Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8 · 1/100 Sek.  
Aufnahme: Günther Schlag

Ein besonders wirkungsvoller Effekt wurde mit Hilfe der Infrarot-Photographie bei unserem nächsten Bildbeispiel erzielt (Abb. 41), das den Eindruck einer Bühnendekoration erweckt. Bei Infrarotaufnahmen wird die Ferne allgemein sehr nahe gerückt, da die Ferne nie im Dunst verschwimmt. Deshalb ist es erforderlich, durch eine Betonung des Vordergrundes das Bild richtig aufzubauen. Hier sind es das Gestüpp, das sich durch seine Infrarot-Reflexion hell gegen den dunklen Schiffsrumpf abhebt, und die in das obere Bildfeld ragenden Baumteile. Das hell gekommene Laub und der dunkle Himmel mit den ziehenden Wolken vollenden die Stimmung des Bildes.

Zwei weitere Beispiele sollen zeigen, wie Infrarot-Aufnahmen an der See ausfallen können (Abb. 42 und 43). Es ist zu bedenken, daß man leicht Gefahr läuft, die See zu dunkel wiederzugeben, da sich das Blau

des Himmels im Wasser spiegelt. Wir wissen ja schon, daß das Blau des Himmels bei Mitlichtaufnahmen sehr dunkel wird, anders kann es dann bei dem Wasser auch nicht sein. Wir erfuhren aber auch schon, daß die Schatten bei Infrarot-Aufnahmen sehr dunkel werden. Diese Eigenschaft kommt uns bei den Aufnahmen an der See zu Hilfe, denn meistens fehlt es bei solchen Motiven an Kontrasten. Das erste Beispiel (Abb. 42) läßt erkennen, wie hier die Schatten zur Bildwirkung beitragen. Gegen die dunkle See und den dunklen Himmel aber hebt sich das den Fischern zum Trocknen der Netze dienende Gerüst deutlich ab und der schmale helle Streifen der Küste gibt dem Bild einen besonderen Reiz.

Weicht nicht das zweite Strandmotiv (Abb. 43) in seiner Erscheinung stark von sonstigen derartigen Aufnahmen ab? Diese eigenartige Wirkung konnte nur mit Infrarot-Material erzielt werden, da das Wasser



Abb. 43. Agfa-Infrarapid-Film  
750 · Agfa-Filter Nr. 81 ·  
Blende 11 · 1/25 Sek.

Aufnahme: Günther Schlag



Abb. 44. Agfa-Infrarapid-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 81 · Blende 11 · 1/10 Sek.  
Aufnahme: Günther Schlag

dunkel wurde, der Himmel ebenfalls, bis auf die weißen Wolken. Die Bewachung des Strandes mußte hell erscheinen, da sie das Infrarot eben stark reflektiert. Die Ursache hierfür besprechen wir später (Seite 70 bis 72).

Bei der folgenden Infrarot-Aufnahme (Abb. 44) könnte man annehmen, es handelt sich um die Reproduktion des Gemäldes eines „alten Meisters“. Eine solche Wirkung übt das Bild auf uns aus. Im Gegensatz zu den vorhergehenden Aufnahmen schien hier keine Sonne. Deshalb fehlen auch Gegensätze. Es sind keine großen Kontraste entstanden. Infrarot-Aufnahmen ohne Sonne führen also zu ganz anderen Ergebnissen. Wie wir sehen, lohnt es sich aber durchaus, auch unter solchen Bedingungen Aufnahmen durchzuführen.

#### Mondlichteffekt-Aufnahmen

Ein lohnendes Gebiet der Infrarot-Photographie sind Mondlichteffekt-Aufnahmen. Da es sich hierbei um eine Täuschung handelt, sei vorwegengenommen, daß für derartige Aufnahmen heller Sonnenschein erforderlich ist. Die Jahreszeit spielt keine Rolle, wohl aber der Himmel, denn dieser muß möglichst wolkenlos sein. Je blauer dann der Himmel bei dieser Aufnahme ist, desto besser wird das Ergebnis ausfallen. Die Zusammenhänge für den Ausfall solcher Aufnahmen sind folgende: Das Blau des Himmels erscheint durch sein geringes Reflexionsvermögen für Infrarot-Strahlen und durch die Verwendung eines Rotfilters im Bilde sehr dunkel. Aus den früheren Abschnitten haben wir ersehen, daß durch ein Rotfilter die Eigenempfindlichkeit des Bromsilbers der Infrarotschichten ausgeschaltet wird. Ist Laub im Motiv vorhanden, so wird dieses im Positiv sehr hell wiedergegeben, da durch den Chloro-



Abb. 45. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Agfa-Filter Nr. 81 · Blende 12,5 ·  $1/2$  Sek.

Abb. 46. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter Blende 12,5 ·  $1/30$  Sek.  
Aufnahmen (2) des Verfassers



phyleffekt (s. S. 70 bis 72) Infrarotstrahlen stark reflektiert werden und infolgedessen im Negativ an diesen Stellen eine intensive Belichtung stattfindet. Wir gewinnen dadurch den Eindruck von Mondbeleuchtung, denn in hellen Mondnächten erscheint dem Auge das Laub ja auch viel heller als der nächtliche Himmel.

Vielfach werden im Motiv Schlagschatten vorhanden sein, da die Aufnahmen ja bei Sonnenlicht entstehen. Diese Schlagschatten betonen den Eindruck von Mondlicht, zumal sie allgemein in dunklen Teilen des Bildes liegen werden. Weiße Wände oder andere helle Gegenstände sind für Mondlichteffekt-Aufnahmen sehr geeignet, wenn sie dem Motiv so eingefügt werden, daß sie zu der Stimmung von Mondschein passen. An einigen Motiven wollen wir diese Dinge eingehender besprechen. Es wurde schon gesagt, daß zur Erzielung guter Mondlichteffekte blauer

Himmel notwendig ist. Fehlt dieser, so erhalten wir keinen Effekt (Abb. 45).

Der weißlichgraue Himmel ist im Positiv der Infrarot-Aufnahme (Abbildung 45) genau so hell gekommen wie bei dem Vergleich auf orthopanchromatischem Film (Abb. 46). Ein großer Unterschied ist jedoch in der Wiedergabe des Laubes zu erkennen. Wir sehen, wie die Sträucher, eben durch die starke Reflexion des Infrarots an den Blättern, fast weiß wiedergegeben werden. Dieses Beispiel wurde gewählt, um zu zeigen, daß ohne blauen, wolkenlosen Himmel durch Infrarot-Aufnahmen kein Mondscheineffekt erzielt werden kann. Sind Wolken am Himmel, so wird eine Infrarot-Aufnahme, die einen Mondlichteffekt ausüben soll, schon ein Problem. Helle Wolken strah-

len sehr viel Infrarot zurück und sind dadurch für eine nächtliche Stimmung ungeeignet. Soll einmal eine Infrarot-Aufnahme bei bewölktem Himmel entstehen, dann müssen die Wolken in ihrer Art und Form so beschaffen sein, daß sie tatsächlich einem nächtlichen Himmel entsprechen würden.

Beim Herstellen der Positive haben wir es in der Hand, durch geeignetes Kopieren dem Bild die gewünschte Stimmung zu verleihen. Es darf nicht zu kontrastreich kopiert werden. Durch das Nachkopieren einzelner Bildteile läßt sich der „Mondlichteffekt“ manchmal noch erhöhen. In allen Fällen müssen aber die Bilder dunkel genug gehalten werden. Drei verschieden dunkel kopierte Bilder (Abb. 47-49) zeigen, wie Mondlichteffekt-Aufnahmen grundsätzlich zu kopieren sind.

Die meisten Infrarot-Negative bestechen durch ihre Brillanz und die Wiedergabe von Feinheiten. Allzu leicht wird ein solches Negativ zur Herstellung einer Normalkopie verleiten (Abb. 47). Sie entspricht dann etwa einem Abzug von einer auf pandromatischem Material hergestellten, stark gefilterten Aufnahme. Selbst wenn das Bild kräftiger ko-

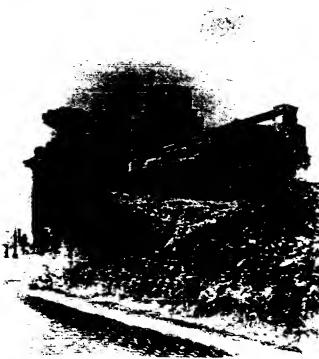


Abb. 47. Infrarot - Aufnahme, normal kopiert, kein Nachteffekt.

Abb. 48. Infrarot - Aufnahme, kräftig kopiert, ungenügender Nachteffekt.



Abb. 48. Infrarot - Aufnahme, kräftig kopiert, ungenügender Nachteffekt.

Aufnahmen (3) des Verfassers



Abb. 49. Infrarot - Aufnahme, dunkel kopiert, Nachteffekt.

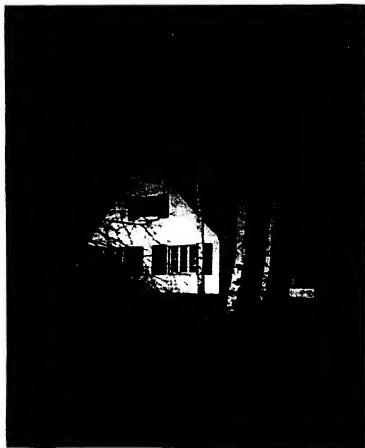


Abb. 50. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid  
Filter Nr. 42-Blende 12,5  
1/2 Sek.

Abb. 51. Agfa-Isochrom-Film, ohne Filter  
Blende 12,5 - 1/50 Sek.



Aufnahmen (2) des Verfassers

piert wird, ist noch kein voller Erfolg erzielt (Abb. 48). Man hat noch nicht den Eindruck einer nächtlichen Stimmung. Noch zu viele Einzelheiten sind zu erkennen. Erst wenn die Aufnahme wirklich dunkel kopiert wird, entsteht der Eindruck der Nacht. Die gespenstischen Ruinen, das als Licht erscheinende, in Wirklichkeit hell wiedergegebene Grün der Pflanzen und der Glanz auf dem Plaster tragen zu dieser Stimmung bei (Abb. 49).

Mondscheineffekt-Aufnahmen mit unpassenden Wolken sind in der Regel zwecklos. Bei der Herstellung der Abzüge oder Vergrößerungen werden vorteilhaft erst verschieden dunkle Proben angefertigt, bevor man das endgültige Bild herstellt.

Die Infrarotaufnahme des Siedlungshauses (Abb. 50) wurde im Spätherbst gemacht. Wir sehen, wie der blaue Himmel dunkel geworden ist, wie die weiße Hauswand den Eindruck erweckt, als hätte sie in vollem Mondlicht gelegen, wir sehen, wie sich die hellen Birkenstämme gegen den dunklen Himmel und das dunkle Dach abheben, und schließlich, wie selbst der dunkle Baumstamm und auch die kleinen Sträucher des Vordergrundes Infrarotstrahlen reflektieren, zum Teil so, daß sie heller sind als bei der Vergleichsaufnahme (Abb. 51). Der volle Eindruck einer Mondscheinaufnahme wird besonders dann vermittelt, wenn wir die Vergleichsaufnahme bei der Betrachtung abdecken, was überhaupt bei den hier gezeigten Vergleichen beachtet werden sollte.



Abb. 52. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende  $9 \cdot 1/10$  Sek.



Abb. 53. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter · Blende  $9 \cdot 1/10$  Sek.  
Aufnahmen (2) des Verfassers

Im Winter lassen sich ebenfalls reizvolle Mondlichteffekt-Aufnahmen erzielen. Allerdings ist für solche Aufnahmen dann recht viel Schnee und auch Sonnenschein nötig, um gute bildliche Wirkungen zu erreichen. Sonnenschein im Winter ist meistens mit tiefem blauem Himmel verbunden, und dieser liefert uns bei den Infrarotaufnahmen den „nächtlichen“ dunklen Himmel. Der Schnee reflektiert den blauen Himmel, und wie schon besprochen wurde, wird Blau bei Verwendung von Infrarot-Material und Rotfilter dunkel. Nur der direkt durch die Sonne beschienene Schnee wird sehr hell wiedergegeben. Dadurch wirken Aufnahmen mit diesen Voraussetzungen kontrastreich und als Mondlichteffekt-Aufnahmen sehr überzeugend. In unserem Beispiel (Abb. 52) sind all die erwähnten erforderlichen Punkte enthalten. Wie unser Auge die Landschaft sah, zeigt die Vergleichsaufnahme (Abb. 53).

Wie ein ganz anders geartetes Motiv bei einer Infrarot-Aufnahme erwirkt, vermittelt uns die Vergrößerung einer Kleinbild-Aufnahme (Abbildung 54). In diesem sommerlichen Motiv, aufgenommen bei schwachem Sonnenschein und blauem Himmel, waren nur leichte Wolken vorhanden. Sie fügen sich in diesem Falle dem Gesamtbild gut ein. Die Windmühle als Silhouette, der dunkle Himmel, das helle Kornfeld und die hellen Bäume ergeben den Eindruck einer klaren Mondnacht. Die wirklichen Verhältnisse gibt die „Normalaufnahme“ (Abb. 55) wieder. Einige weitere Kleinbild-Aufnahmen, jedoch nicht als Vergleichsbilder, sollen erkennen lassen, welche Möglichkeiten der Agfa-Infrarapid-Film 750 bietet. Trotz des stets erforderlichen Rotfilters kann man Freihand-Aufnahmen vornehmen. Der Belichtungsmesser wird bei dieser Filmsorte



Abb. 54 (oben) - Abb. 55 (unten)



64

für Mondlichteffekt-Aufnahmen auf 14 bis 15/10 DIN eingestellt und führt dann zu sicheren Ergebnissen.

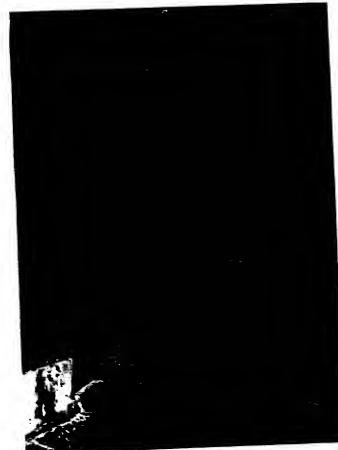
Ein Gäßchen mit kleinen Fachwerkhäusern in der Nähe einer Kirche strömt eine Ruhe aus, als wenn es sich wirklich um eine bei Mondschein entstandene Aufnahme handelt (Abb. 56).

In der Stimmung ähnlich, im Aufbau des Motivs so ganz anders, ist das nächste Bild. Trotz der Mondscheinstimmung ist die Vielfältigkeit der Architektur zu erkennen, die diesem Bild auch ihren Reiz verleiht, der erhöht wird durch das auf den Ziegeln liegende Licht. Gegen den ehe- nachtschwarzen Himmel hebt es sich gut ab, ebenso der Giebel des ehe-

Abb. 54.  
Agfa-Infrarapid-Film 750  
Agfa-Filter Nr. 80 - Blende 8  
1/25 Sek.

Abb. 55.  
Agfa-Superpanfilm,  
ohne Filter - Blende 8, 1/100 Sek.  
Agfa-Archivbilder (2)

Abb. 56.  
Agfa-Infrarapid-Film 750  
Agfa-Filter Nr. 42 - Blende 8  
1/50 Sek.  
Aufnahme des Verfassers



65

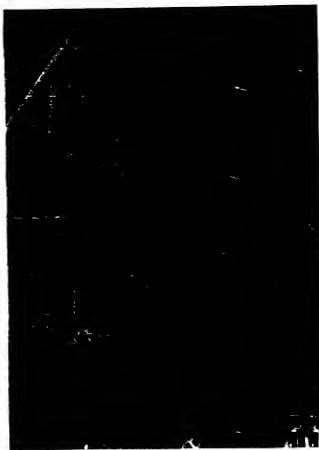


Abb. 57.  
Agfa-Infrarapid-Film 750  
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 11  
 $\frac{1}{50}$  Sek.  
Aufnahme des Verfassers

Abb. 58.  
Agfa-Infrarapid-Film 750  
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8  
 $\frac{1}{50}$  Sek.  
Aufnahme: Reinhard Nürnberg  
Abb. 59.  
Agfa-Infrarapid-Film 750  
Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8  
 $\frac{1}{50}$  Sek.  
Aufnahme: Günther Schlag

maligen Klosters. Das Laub der Bäume erhöht die Stimmung des Ganzen (Abb. 57).

Dorfstraße bei Nacht (Abb. 58). So könnte man dieses Bild bezeichnen, obwohl es doch in der Mittagssonne aufgenommen wurde. Die manchen Infrarot-Aufnahmen eigene Weichheit kommt in dieser Aufnahme zur Geltung. Diese Weichheit in den Konturen unterstützt die nächtliche Stimmung, wie wir sie auch tatsächlich bei Mondschein empfinden.

Ein schöner Schnappschuß aus dem Erzgebirge mit dem Agfa-Infrarapid-Film 750 gelang dem Bildautor mit dem „Haus im Mondschein“ (Abb. 59). Auch diese Aufnahme wurde bei Sonne, wenn sie auch schon etwas tief stand, vorgenommen.

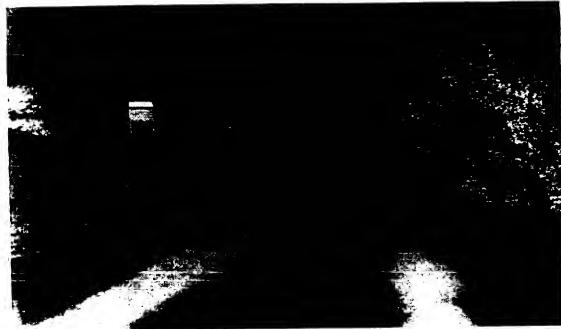


Abb. 58 (oben) · Abb. 59 (unten).



Abb. 60. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 12,5 ·  $\frac{1}{30}$  Sek.

In der Kineindustrie wird der Infrarapid-Film 750 ebenfalls für Effekte eingesetzt. Schon so manche „nächtliche Szene“ hat uns im Kino gefangen genommen, ja, tief beeindruckt verließen wir die Vorstellung. Nach fachlichen Überlegungen kann dann festgestellt werden, daß einzelne der Bildbänder bei hellstem Sonnenschein oder künstlicher Beleuchtung mit Hilfe von Infrarot-Strahlen und -Materialien entstanden sind. Abschließend soll zu diesem Abschnitt noch mitgeteilt werden, daß es zwecklos ist, große Wasserflächen mit in das Bildfeld hereinzunehmen. Sie würden, besonders bei blauem Himmel, tiefschwarz wiedergegeben werden und stellen dann einen nur flächig, unschön wirkenden Teil des Bildes dar.

#### Fernsichten

Die Luft ist kein klares Medium; kleinste Wassertropfen und winzige Staubteilchen schweben darin. Sie bedingen, daß die von ihnen reflek-

Abb. 61. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter · Blende 12,5 ·  $\frac{1}{30}$  Sek.  
Aufnahmen (2) des Verfassers

tierten Lichtstrahlen bläulich erscheinen. Dadurch erwecken Gegenstände in der Ferne den Eindruck, als wären sie mit einem hellen blauen Schleier überzogen. Wenn eine Aufnahme gefordert wird, die diesen Schleier im Bilde nicht darstellen soll, dann ist sie nur durch die Infrarot-Photographie möglich. Die reflektierten Infrarotstrahlen durchdringen solche Dunstschichten und können auf der photographischen Schicht eine Belichtung ausüben. Feinste Einzelheiten der Ferne, die sonst hinter dem Dunstschleier verborgen bleiben, werden dadurch zur Abbildung gebracht.

In einem flachen Gelände, wo die Sicht an und für sich gering ist, können schon merkliche Unterschiede gegenüber einer normalen Aufnahme erzielt werden. Bei der Normalaufnahme (Abb. 61) sieht man hinter den Weiden des Vordergrundes nur noch einen quer im Bilde verlaufenden Streifen von Bäumen, mit Buschwerk durchsetzt. Die In-



Abb. 62. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende  $12.5 \cdot 1$  Sek.

Abb. 63. Agfa-Isopan-F-Film, ohne Filter · Blende  $12.5 \cdot 1$  Sek.

Abb. 64. Agfa-Isopan-F-Film · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende  $12.5 \cdot 1$  Sek.  
Aufnahmen (3) des Verfassers

frarot-Aufnahme (Abb. 60) lässt darüberhinaus noch im Hintergrund nach einer schmalen Fläche einen weiteren Streifen von Bewachslungen und im Himmel eine schwache Wolkenbildung erkennen.

Bei hoch gelegenen Standpunkten lassen sich, je nach den atmosphärischen Bedingungen, Entfernung von 20 bis 100 km überwinden. Immer wieder ist es eine Freude, wie solche Bilder Einzelheiten deutlich wiedergeben, die in der Natur vom Auge nicht wahrgenommen wurden.

Belaubungen werden durch den Chlorophylleffekt (Woodeffekt), wie wir bereits an früheren Abbildungen feststellen konnten, im Bilde hell erscheinen (Abb. 62). Das Chlorophyll und die anderen Farbstoffe ei-



Abb. 63 (oben) · Abb. 64 (unten)





Abb. 65. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter 82 · Blende 12,5 · 1/2 Sek.



Abb. 66. Agfa-Isopan-F-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · 1/100 Sek.  
Aufnahmen (2) des Verfassers

nes Blattes lassen nämlich das Infrarot ungehindert hindurch. Es trifft auf das Schwammparenchym mit seinen luftgefüllten Zwischenräumen, das nahe der Unterseite des Blattes liegt, und wird vollkommen reflektiert, wodurch eine intensive Belichtung auf dem Film oder der Platte erfolgen kann. Nadeln sind in ihrem Aufbau von den Blättern verschieden. Sie reflektieren das Infrarot nur in geringem Maße und erscheinen deshalb im Bilde auch nicht so hell (Abb. 62).

Als Fernsicht betrachtet, gibt diese Aufnahme Einzelheiten wieder, die in der Vergleichsaufnahme (Abb. 63) nicht zu erkennen sind. In diesem Zusammenhang soll einer Ansicht entgegentreten werden, der man oft begegnet. Mit rot gefilterten Aufnahmen auf orthopandromatischem Material sollen infraröthliche Ergebnisse erzielt werden können. Die Vergleichsaufnahme (Abb. 64) wurde auf orthopandromatischem Material unter Verwendung eines Rofilters durchgeführt. Sie ist

wohl der ungefilterten Aufnahme überlegen, erreicht aber bei weitem nicht die klare Fernsicht der Infrarot-Abbildung.

Im Harz ist der Brocken vom Hexentanzplatz aus nicht an allen Tagen zu erkennen (Abb. 66). Erst durch Verwendung eines geeigneten Infrarot-Materials war es möglich, den Dunstschleier zu durchdringen und den Brocken auf dem Bilde darzustellen (Abb. 65).

Infrarot-Aufnahmen im Hochgebirge lassen die Ferne in einer geradezu phantastischen Plastik hervortreten. Mit der sonst üblichen bildmäßigen Photographic haben solche Aufnahmen nichts mehr zu tun. Dafür ist, wie bereits anfangs im Abschnitt über Fernsichten erwähnt, die Aufgabenstellung ja auch ganz anders.

Vom Rigi (1800 m) ergibt sich dem Beschauer eine Fernsicht über den Vierwaldstätter See hinweg nach den Schweizer Alpen (Abb. 68). Die



Abb. 67. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter Nr. 85 · Blende 18 · 1 Sek.

Berge und der See verschwinden im morgendlichen Dunst. Der Vordergrund dagegen ist deutlich abgebildet.

Wie anders ist das Ergebnis nach dem gleichen Motiv (Abb. 67) mit einer Infrarot-Platte und Rotfilter! Im Hintergrund sind die Berge gegenüber der anderen Aufnahme bis zum Horizont in ihrer Form eindrucksvoll wiedergegeben.

Über Infrarot-Fernaufnahmen berichtet E. v. Angerer, München (5), sehr ausführlich. Er arbeitete mit einem plankonvexen Brillenglas von 1 Dioptrie, also  $f = 1$  m, in Verbindung mit dem Schott-Filter RG 2 oder einem für Infrarot korrigierten Objektiv der Fa. C. A. Steinheil Söhne von 70 mm Öffnung und 1 m Brennweite mit Rotfilter und Korrektionslinse.

Angerer hatte gegen die Verwendung eines Brillenglasses wegen der Farbfehler keine Bedenken, da der für die Aufnahmen in Betracht kommende infrarote Wellenbereich sehr schmal und damit die Strahlung



Abb. 68. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter · Blende 18 · 1 Sek.  
Aufnahmen (2) des Verfassers

praktisch monochromatisch ist. Die von ihm veröffentlichten Infrarotaufnahmen weisen in dieser Hinsicht auch keinerlei Mängel auf, jedoch ist die mit dem erwähnten Steinheil-Objektiv erzielte Schärfe größer. Bei Föhnlwetter, wenn die Berge sehr klar erscheinen, können durch die Inhomogenität der Luftsicht auf große Entfernen trotzdem relativ unscharfe Bilder erhalten werden.

Angerer stellt fest, daß mit Infrarot-Platten bei Gebirgsaufnahmen, auch im Gegenlicht, angenehme Bilder zu erzielen sind, die dann aber nicht den Charakter von Infrarot-Aufnahmen zeigen.

Vom fast gleichen Standpunkt aus wie bei den vorigen Aufnahmen, jedoch in Richtung des Tieflandes gesehen, ergeben sich Bilder mit der Wirkung von Luftbildaufnahmen. Der Dunst läßt die Aufnahme mit Isopan-Film verschleiert erscheinen (Abb. 70). Durch die Infrarot-Aufnahme (Abb. 69) ist in einer frappanten Deutlichkeit das unten liegende Gebiet in einer



Abb. 69 (oben) · Abb. 70 (unten)



76

Entfernung von etwa 2 bis 60 km zu erkennen. Die Grauwerte stimmen nicht mehr, das wissen wir ja schon aus dem früher Gesagten, aber die Lage der Straßen, Bahnlinien, Ortschaften usw. ist genau auszumachen. An dieser Infrarot-Aufnahme ist auch zu sehen, daß man Wasserflächen, in denen sich der tiefblaue, wolkenlose Himmel spiegelt (dunkle Bildteile des Vordergrundes), mit Infrarot-Materialien nicht aufnehmen sollte, denn sie werden als vollkommen schwarze detaillose Flächen wiedergegeben.

Handelt es sich bei den bisher gezeigten Fernsichten um Infrarot-Aufnahmen auf Platten des Formates 9 × 12 cm, die durch das größere Ausgangsformat nur selten sehr stark vergrößert werden müssen, so lassen sich auch Fernsichten im Kleinbildformat mit dem Agfa-Infrarapid-Film 750 durchführen. Wird die Scharfeinstellung sorgfältig vorgenommen, dann kann auch noch nachträglich vergrößert werden (Abb. 71).

Abb. 69. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter Nr. 85 · Blende 18 · 1 Sek.  
Abb. 70. Agfa-Isopan-Film, ohne Filter · Blende 18 · 1/10 Sek.

Aufnahmen (2) des Verfassers  
Abb. 71. Agfa-Infrarot-Film 750 · Agfa-Filter Nr. 42 · Blende 8 · 1/50 Sek.  
Aufnahme: Günther Schlag



77

### Durchdringung von trüben Medien

Durch optisch klare Medien gehen alle Strahlen geradlinig hindurch. Bei Trübungen tritt eine Streuung des Lichtes ein, die bei kurzwelliger Strahlung am stärksten ist. Die langwelligen infraroten Strahlen werden durch solche Trübungen weniger gestreut oder treten, je nach der Beschaffenheit des Mediums, geradlinig hindurch. Diese Eigenschaft lässt sich wiederum durch die Infrarot-Photographie verwerten.

An einem Versuchsobjekt, das uns täglich zur Verfügung steht, können wir einige praktisch verwertbare Erkenntnisse gewinnen. Die gebräuchlichen Glühlampen sind in der Regel mattiert. Der glühende Faden einer Lampe ist dem Auge als solcher nicht sichtbar, sondern erscheint flächig hell. Bei einer Aufnahme mit orthopanchromatischem Film liegen die Verhältnisse ebenso. Erst durch eine Infrarot-Aufnahme, selbstverständlich mit Filter, ist der Glühfaden trotz der Mattierung deutlich zu erkennen. Aus diesem Experiment lassen sich Schlüsse ziehen, die auf andere Verhältnisse angewandt werden können.

Wie verhält sich nun Wasser gegenüber photographisch verwendbarer Infrarot-Strahlung? Nach Forsythe und Christison (6) ist reines Wasser für die Strahlen des sichtbaren Spektrums und für das photographisch verwertbare Infrarot in einer Schicht bis 1 mm Dicke durchlässig. Bei einer Dicke von 1 cm nimmt die Durchlässigkeit in dem photographisch verwertbaren langwelligen Teil des Infrarot rasch ab (Abb. 72).

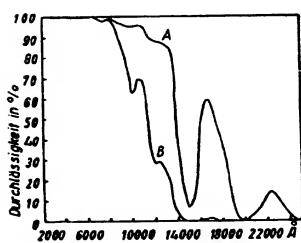


Abb. 72. Spektral: Durchlässigkeit des Wassers (nach Forsythe und Christison).  
 Kurve A: Durchlässigkeit einer Wasserschicht von 1 mm Dicke.  
 Kurve B: Durchlässigkeit einer Wasserschicht von 1 cm Dicke.  
 Mit frdl. Genehmigung des Verlages W. Giradet, Wuppertal-Eberfeld, den Röntgen-Blättern 4. Jahrgang, 1. Heft 1951, entnommen.

Abb. 73. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid · Agfa-Filter Nr. 85 · Blende 12,5 · 1 S. k.  
 Abb. 74. Agfa-Isopan-F-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · 1/10 Sek.  
 Aufnahmen (2) des Verfassers

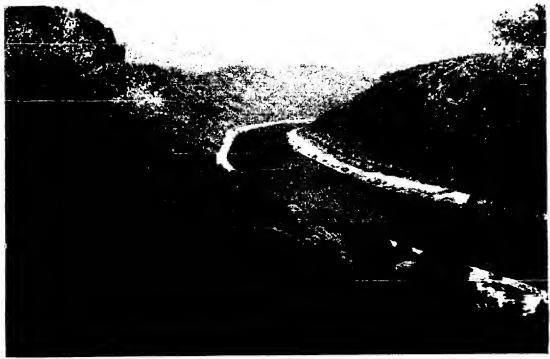


Abb. 73 (oben) · Abb. 74 (unten)





Abb. 75. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Agfa-Filter Nr. 84 · Blende 12,5 · 1 Sek.

Ist das Wasser durch gelöste Salze oder Farbstoffe getrübt, so treten naturgemäß stärkere Schwächungen auf. Nebel ist Wasser in feinster Verteilung. Es hat in den vergangenen Jahrzehnten nicht an Versuchen gefehlt, mit Hilfe der Infrarot-Photographie Nebel zu durchdringen. Insbesondere wurde versucht, der Schifffahrt die Infrarot-Photographie nutzbar zu machen. Brauchbare Ergebnisse sind nicht bekannt geworden. Es lässt sich nicht immer im voraus bestimmen, in welchen Fällen Gegenstände noch durch den Nebel photographiert werden können. Ausschlaggebend sind dessen Dichte und die Größe seiner einzelnen Tropfen.

Je nach der Jahreszeit, den Witterungsverhältnissen und der Tagesstunde liegt über Flussläufen mehr oder weniger Nebel. Ob der im Tal über einem Fluss liegende Nebel durchdrungen werden kann, ließ uns der Aufnahmevergleich der vorangegangenen Seite bereits erkennen (Abb. 73 u. 74). Die Aufnahmen entstanden an der Elbe bei Bad Schandau und erfolgten, wie bei allen in diesem Buch gezeigten Vergleichen, unmittelbar nacheinander, stets mit der gleichen Kamera und demselben Objektiv.

Abb. 76. Agfa-Isochrom-Film, ohne Filter · Blende 12,5 · 1/35 Sek.  
Aufnahmen: Richard Grabsch

Nebel liegt aber nicht nur über Flussläufen. Er kann in allen Gegenden auftreten, und zwar in den verschiedensten Formen und in unterschiedlicher Dichte. Deshalb soll auch noch ein anderes Beispiel gezeigt und besprochen werden, um weitere Erkenntnisse zu gewinnen.

An einem etwas nebligen spätherbstlichen Tag mit schwachem Sonnenschein wurden die Aufnahmen (Abb. 75 und 76) unter den gleichen Verhältnissen nacheinander gemacht. Bei der gewöhnlichen Aufnahme sind die nur etliche Meter vom Aufnahmestandpunkt entfernt stehenden Bäume deutlich zu erkennen; der Bahndamm mit den Bäumen und dem Signalmast in etwa 60 bis 80 m Entfernung erscheint nur undeutlich, schemenhaft. Alles Dahinterliegende ist für uns nicht mehr erkennbar. Dagegen sind bei der Infrarot-Aufnahme die genannten Dinge eindeutig auszumachen und darüber hinaus auch noch weiter entfernt liegende Einzelheiten zu erkennen. Die hell wiedergegebenen Flächen sind mit Wintersaat bestellte Felder. Auch bei dem Grün dieser Felder wirkt sich der Chlorophylleffekt stark aus. Sie erscheinen dadurch bei der Infrarot-Aufnahme fast weiß.



Abb. 77. Aufnahme mit Infrarot-Material und Rotfilter.

Ein Durchdringen von Wolken mit Hilfe von Infrarot-Materialien ist nicht möglich, denn hier handelt es sich ja um die Zusammenballung winziger Wassertropfchen in großem Umfang. Ein Vergleich soll uns überzeugen, wie in diesem Falle die Verhältnisse liegen. Ziehende Wolken (Abb. 77 und 78) versperren den Blick zu der gegenüberliegenden Gebirgswand und dem weit unten gelegenen Tal. Die Wolken zogen zwar sehr schnell und veränderten sich ununterbrochen. Deshalb ist die Wolkenbildung bei den Vergleichsaufnahmen nicht absolut gleichmäßig. Trotzdem sind aber prinzipielle Erkenntnisse über das Durchdringen von Wolken zu gewinnen. Es war fast ohne Einfluß, ob zur Aufnahme orthopanchromatisches Material oder Infrarot-Material mit Rotfilter benutzt wurde. Die Wiedergabe der Wolken ist in beiden Fällen gleich. Lediglich die Tanne im Vordergrund wurde bei der Infrarot-Aufnahme heller abgebildet.

Abb. 78. Aufnahme mit orthopanchromatischem Film, ohne Filter.  
Aufnahmen des Verfassers



#### Luftbildaufnahmen

Im Prinzip gelten für Luftbildaufnahmen mit Hilfe von Infrarot-Materialien analog die in den beiden vorigen Abschnitten besprochenen Grundsätze. Infrarot-Luftbildaufnahmen sind wichtig für die Geographie und die Aerophotogrammetrie. In beiden Fällen kommt es auf schärfste Wiedergabe feinster Einzelheiten an. Deshalb kann in diesen Fällen zu den Infrarot-Platten „Hart“ gegriffen werden, die aber dann in einem geeigneten Entwickler zu einer etwas flacheren Gradation zu entwickeln sind. Leider stehen dem Verfasser für das Gebiet der Luftbildaufnahmen keine Abbildungen zur Verfügung. Interessant ist, wie 1931 auf dem VIII. Internationalen Kongreß für wissenschaftliche und angewandte Photographic von A. P. H. Trivelli, Ro-

hester (7), über „eine merkwürdige Photographie“ berichtet wird. Es heißt wörtlich:

Kapt. A. W. Stevens ist in Argentinien in der Nähe von Villa Mercedes in einem Flugzeug 6,5 km hoch aufgestiegen. Im Flugzeug hatte er eine Kamera mit Infrarot-Filter und Kryptocyaninplatten\*. Durch Winkelmessungen konnte er den Abstand zwischen der Basis des Flugzeuges und Villa Mercedes feststellen. In 6500 m Höhe hat er die Kamera dahin gerichtet, wo er sich vorstellte, daß das Andengebirge sei. Von diesem Gebirge konnte er gar nichts sehen. Nach Entwicklung und Kopieren bekam er eine „merkwürdige“ Photographie. Darauf sieht man die Gipfel des Andengebirges am Horizont in Folge des Durchdringungsvermögens der infraroten Strahlen durch die Atmosphäre photographiert. Der größte Teil des Gebirges ist hinter der Krümmung der Erde verborgen. Rechts sieht man einen Gipfel, den 7000 m hohen Aconcagua. Der Abstand dieses Berges von Villa Mercedes war geographisch bekannt, und so konnte festgestellt werden, daß der Abstand zwischen Kamera und Aconcagua 470 km ist.

Die ganze Strecke, welche photographiert wurde, war 112 km oder  $\frac{1}{3}$  des Erdumfangs. Der Horizont zeigt eine schwache Krümmung, welche auf der Originalphotographie einen Radius von 25 m hat, was übereinstimmt mit der Krümmung der Erde, so daß hier zum erstenmal die Erdkrümmung photographiert ist.“

In neuerer Zeit sind aus noch größeren Höhen, zum Teil mit Hilfe von Raketen, Infrarot-Aufnahmen durchgeführt worden, die aufschlußreiche Erkenntnisse brachten.

Zum Zwecke der Aufklärung wurden spezielle Infrarot-Filme in großem Maße verwendet. Mit Leichtigkeit konnten gut getarnte Stellungen im Gelände und in Waldungen durch den bekannten Chlorophyll-Effekt ausgemacht werden, da das Grün der Natur bei der Infrarot-Aufnahme im Bilde weiß erscheint, dagegen andere Gegenstände dunkel abgebildet werden. Die steilere Gradation der Infrarot-Materialien ist in diesen Fällen ebenfalls von Nutzen. Allerdings soll hier auch darauf hingewiesen werden, daß dichter Bodennebel aus großen Höhen mit den Infrarot-Materialien nicht durchdrungen werden kann.

\* Sensibilisator für Infrarot-Platten.

#### Porträt-Aufnahmen

An den Fachphotographen werden Wünsche mannigfaltigster Art herangetragen. Es ist nicht immer leicht, alle diese Wünsche zu erfüllen. Sie haben mit einer Wiedergabe der Wirklichkeit oft wenig zu tun, entspringen vielfach einer Laune des Geschmacks und werden doch von dem Fachmann erfüllt, denn es ist ja sein Beruf. In anderen Fällen wird der Photograph natürlich seinem Empfinden gemäß arbeiten, um seinen Bildern seine eigene Note zu geben. Beim Porträtieren kommen aber Fälle vor, die mit den üblichen Filmen oder Platten nicht zu bewältigen sind; er wird zu besonderen Aufnahmematerialien greifen, die oftmals eine große Hilfe darstellen.

Nicht allen Photographen ist es geläufig, daß Infrarot-Materialien auch für die Atelierarbeit in Betracht kommen. Deshalb sollen einige Beispiele besprochen werden. Sie mögen nur als Anregung dienen; dem Können des Photographen ist es in die Hand gegeben, Infrarot-Materialien dann anzuwenden, wenn er dadurch den Wünschen seiner Kundschaft entgegenkommen kann, wenn er hinsichtlich der Grauwerte besondere Bilder erzielen will oder auch, wenn er dadurch sehr schwierig auszuführende Retuscharbeiten einsparen kann.

Allgemein ist bekannt, daß dunkelhäutige Menschen unter normalen Aufnahmeverhältnissen nicht hell abgebildet werden können. Mit Hilfe der Infrarot-Photographie jedoch ist dies möglich, wie wir es an den Ergebnissen nach Aufnahmen von einem Menschen mit dunkler Hautfarbe sehen (Abb. 79 bis 81).

Alle Aufnahmen entstanden in einem Kunstabtöpfertatelier unter Beleuchtung mit Nitraphotlampen. In der Regel wird im Interesse einer kurzen Belichtungszeit in solchen Ateliers mit pan- oder orthopanchromatischen Filmen oder Platten gearbeitet (Abb. 79). Eine Aufnahme mit etwas anderer gewählter Beleuchtung, unter sonst gleichen Bedingungen, aber mit Infrarot-Platte und Rotfilter aufgenommen, gibt das Gesicht verhältnismäßig hell wieder (Abb. 80). Die Lippen sind allerdings sehr „blutleer“. Interessant ist an diesem Bilde, daß das schwarze Haar unbeeinflußt bleibt, es reflektiert also kein Infrarot. In der Porträt-Photographie gibt es einige Fälle, in denen auch Infrarot-Aufnahmen ohne



Abb. 79. Agfa-Isopan-ISS-Planfilm, ohne Filter · Blende 4,5 · 1/3 Sek.



Abb. 80. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid Filter Nr. 81 · Blende 4,5 · 1 Sek.



Abb. 81. Agfa-Infrarot-Platte 850 Rapid, ohne Filter · Blende 4,5 · 1/2 Sek.  
Aufnahmen: Photo-Tagessiege, Leipzig

Filter mit Erfolg durchgeführt werden können, worauf wir auch noch zu sprechen kommen (Seite 89 bis 90). In dem vorliegenden Fall wurde das Ergebnis aber ungünstiger (Abb. 81). Die bei den Agfa-Infrarot-Platten gegenüber dem Rot und Infrarot höher liegende Blaumitschelichkeit wird wirksam, das Gesicht wird im Positiv noch dunkler wiedergegeben.



Abb. 82. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid Agfa-Filter Nr. 83 · Blende 7,7 · 3 Sek.



Abb. 83. Agfa-Isopan-Porträtfilm, ohne Filter · Blende 7,7 · 1/3 Sek.  
Aufnahmen: Willi Töpper

Der nächste Vergleich behandelt eine aufzunehmende Person, welche an einer Erkrankung leidet, die sich in starken Rötungen und Flecken im Gesicht äußert. Eine Aufnahme im Licht von 3 Nitraphotlampen (je 500 Watt) zeigt, wie die Krankheitsmerkmale abgebildet werden, wenn mit dem sonst üblichen orthopanchromatischen Film gearbeitet wird (Abb. 83). Dem Film kann deshalb kein Vorwurf gemacht werden, denn orthopan heißt ja, die Farben der Augenempfindlichkeit entsprechend in ihren Grauwerten wiederzugeben. Die einzelnen Flecke durch Retusche zu beseitigen, dürfte für den erfahrenen Photographen kein Problem bedeuten. Anders verhält es sich mit den Rötungen. Gewiß sind auch diese Partien zu mildern. Immer ist aber eine umfassende Bearbeitung erforderlich.

Dieser Mühe kann man sich entziehen, wenn Infrarot-Material eingesetzt wird, womit wir ohne die Notwendigkeit jeglicher Retusche eine Aufnahme erhalten (Abb. 82). Die Bluse hat ein ganz anderes Aussehen



Abb. 84. Agfa-Isopan-Porträtfilm, ohne Filter · Blende 6,3 · 1/5 Sek.



Abb. 85. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, ohne Filter · Blende 6,3 · 1/5 Sek.

bekommen. Mit dieser Verfälschung wird man sich in solchen Fällen aber gern abfinden. Man kann auch der Kundschaft raten, sich zur Aufnahme entsprechend zu kleiden.

Stark sommersprossige Personen aufzunehmen, bedeutet für den Photographen stets eine erhebliche Belastung durch die später erforderliche Retusche. Oft handelt es sich dabei um Menschen mit einem zarten Teint, blauen Augen und röthlich-blondem Haar. Rufen wir uns in das Gedächtnis zurück, wie die Farben mit einem orthopanchromatischen Porträtfilm wiedergegeben werden. Die kräftig braunen Sommersprossen werden dunkel. Ist der Anteil an röthlicher Färbung des Haars groß, so muß auch dieses verhältnismäßig dunkel zur Abbildung kommen. Ein dunkelblaues Auge muß unter diesen Verhältnissen ebenfalls dunkel erscheinen. Zum Studium wurde eine Frau gewählt, bei der diese Merkmale gegeben waren (Abb. 84).



Abb. 86. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, mit Agfa-GelbfILTER 3 · Blende 6,3 · 1/2 Sek.



Abb. 87. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid, mit Agfa-Rotfilter 42 · Blende 6,3 · 1 Sek.  
Aufnahmen: Willi Töpper

Nun wollen wir bei einem stufenmäßigen durchgeföhrten Vergleich die Veränderung beobachten. Eine nicht zu hoch sensibilisierte Infrarot-Platte wurde für eine Aufnahme der gleichen Frau verwendet, aber ohne Anwendung eines Filters (Abb. 85). Ergebnis: gleiche Belichtungszeit, wesentlich weniger Sommersprossen, etwas aufgehobtes Haar und kaum dunklere Augen – eine Folge der vorhandenen Blauempfindlichkeit der Infrarot-Platte und einer Empfindlichkeit im nahen sichtbaren Rot. Läßt sich das Ergebnis durch Anwendung eines Gelbfilters verbessern? Durchaus (Abb. 86). Die Belichtung mußte reichlich verdoppelt werden, Sommersprossen sind praktisch nicht mehr vorhanden, das Haar ist in der Abbildung noch heller geworden und das Auge, wie wir es vom Filtern bei den sonst üblichen Filmsorten her kennen, dunkler dargestellt.

Im letzten Bild unserer Versuchsreihe (Abb. 87) haben wir eine, in strengem Sinne genommen, ausgesprochene Infrarot-Aufnahme vor uns. Sie wurde, der üblichen Form einer Infrarot-Aufnahme entspre-

chend, unter Vorschaltung eines Rotfilters durchgeführt. Ergebnis dieses Versuches: Belichtungszeit mußte abermals verdoppelt werden. Die Sommersprossen sind beseitigt, das Haar ist noch heller abgebildet, und die Augen, ja selbst das bläuliche Weiß der Augen, sind ziemlich dunkel geworden. Einer zu hellen Wiedergabe der Lippen kann durch leichtes Schminken mit einem bläulichen Lippenstift begegnet werden. Die zu dunkel wiedergegebenen Augen lassen sich später im Negativ mit Neu-Coccin abdecken. Dieser mit einem Pinsel aufgetragene rote Farbstoff hat die Eigenschaft, die Gelatineschicht anzufärben. Je nach der Dichte kopieren so behandelte Stellen heller. Zur Erzielung der nötigen Schärfe mußte bei der Aufnahme jeweils mit dem benutzten Filter eingestellt werden.



Reproduktion  
einer gut erhaltenen  
Daguerreotypie

Abb. 88. Agfa-Infrarot-Platte 750 Rapid  
Agfa-Filter Nr. 42  
Blende 11 · 45 Sek.  
Belichtung:  
Nitralicht 1000 Watt.

#### Reproduktionen von Daguerreotypien

Wer mit der Geschichte der Photographie nicht vertraut ist, dem wird die Bezeichnung Daguerreotypie auch nicht geläufig sein, denn dieses Verfahren wird heute nicht mehr ausgeübt. Es handelt sich dabei um Bilder aus den Anfängen der Photographie, die seit dem Jahre 1839 in Umlauf kamen und innerhalb weniger Jahre eine starke Verbreitung fanden.

Das Verfahren erhielt seinen Namen nach seinem Miterfinder, dem Franzosen Daguerre. Er hatte mit seinem Landsmann Niépce den gleichen Gedanken verfolgt und später mit dem Sohn des letzteren zur Herstellung der Photographien polierte Kupferplatten verwendet, auf die Silberschichten aufgelegt wurden. Auf diesen Platten bildete sich

Reproduktion  
einer gut erhaltenen  
Daguerreotypie

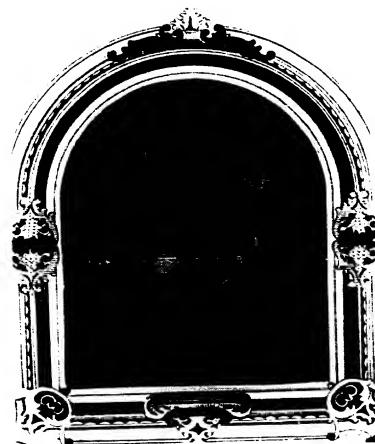


Abb. 89. Agfa Phototechnischer Film B. unsensibilisiert, ohne Filter · Blende 11 · 20 Sek.  
Reproduktionen:  
Margarete Herkenrath



Reproduktion  
einer stark fleckigen,  
verfärbten und matt  
belegten Daguerreotypie

Abb. 90. Agfa-Infrarot-  
Platte 750 Rapid · Agfa-  
Filter Nr. 81 · Blende 11  
30 Sek.  
Beleuchtung:  
Nitralicht 1000 Watt.

Reproduktion  
einer stark fleckigen,  
verfärbten und matt  
belegten Daguerreotypie

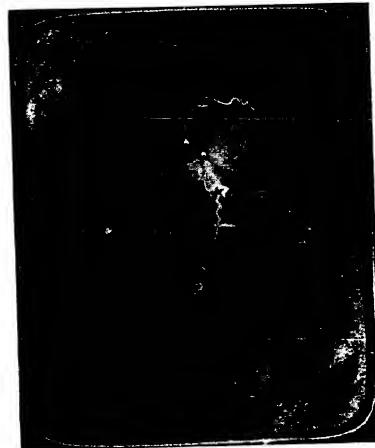


Abb. 91. Agfa Phototechni-  
scher Film B, unsensi-  
bliert, ohne Filter  
Blende 11 · 60 Sek.  
Reproduktionen:  
Margarete Herkenrath

durch Einwirkung von Joddämpfen eine lichtempfindliche Jodsilber-  
schicht. So vorbereitete Platten dienten zur Aufnahme und führten  
nach der Entwicklung durch Quecksilberdämpfe direkt zum Bild. Durch  
Behandlung in einer Natriumthiosulfatlösung wurden die Platten licht-  
echt gemacht. Es waren seitenverkehrte Negative, die durch die glän-  
zende Silberplatte nur in bestimmter Blickrichtung zu betrachten waren,  
aber dann als positives Bild erschienen. Solche Daguerreotypien stellen  
oft einen unschätzbar wert für die Geschichte, die Familie, den  
Sammler und den Forscher dar und sollen daher vielfach in ihrem Bild-  
inhalt durch eine Neuaufnahme der Nachwelt erhalten bleiben. Da sie  
oft fleckig geworden sind, verblassten oder auch mit einem matt  
Schein belegt sind, ist eine gute Reproduktion mit gewöhnlichen Mit-  
teln nur schwer möglich. Einfacher und sicherer führt eine Infrarot-Auf-

nahme zum Ziel. Sie wird wegen der besser regulierbaren Beleuchtung  
vorteilhaft in Verbindung mit Nitra- oder Nitraphotlicht in Verbindung mit einem  
Rotfilter vorgenommen. In der Regel werden Infrarot-Platten Rapid  
oder der Infrarapid-Film 750 für derartige Reproduktionen verwendet.

#### Reproduktionen von vergilbten Vorlagen

Das Papier von Schriften, sei es handbeschrieben oder bedruckt, kann  
durch Alterung, ungünstige Lagerung, starke Wärmeeinwirkung u. ä.  
bisweilen eine gelbe bis braune Färbung annehmen. Hat zeitweise auch  
Feuchtigkeit auf das Papier einwirken können, so sind Stockflecke meist  
eine unausbleibliche Folge. In noch schlimmeren Fällen kann eine Gelb-  
färbung durch Brand verursacht sein. Nicht selten handelt es

sich bei solchen Schriftstücken um unersetzliche Dokumente, die einen kulturellen, wissenschaftlichen oder auch historischen Wert besitzen, deren Inhalt aus diesem Grunde originalgetreu erhalten werden soll. Ähnlich kann es sich mit Photographien, Lithographien, Radierungen und Zeichnungen aller Art verhalten.

Derartige Vorlagen durch photographische Abbildungen zu sichern, ist das Ziel. Solche Arbeiten mit unsensibilisierten Schichten auszuführen, wird hoffnungslos sein. Panchromatische Schichten können in manchen Fällen schon eine große Hilfe bedeuten. Immer aber ist die Anwendung von Infrarot-Materialien angebracht, in schwierigen Fällen, d. h. bei starker Vergilbung (Brand), sogar unumgänglich notwendig. Ob die Reproduktionen bei Tages- oder Kunstlicht vorgenommen werden, ist gleichgültig. In jedem Falle wird jedoch ein Rotfilter erforderlich. Da die Schriften in dem Positiv schwarz auf weißem Grund erscheinen sollen,

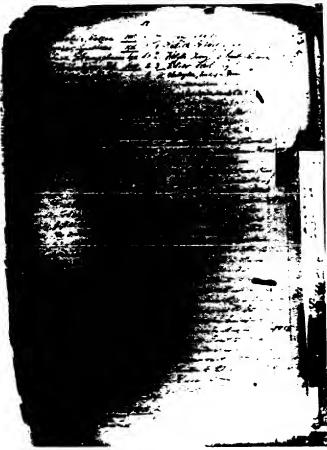


Abb. 92. Agfa-Infrarot-Platte 800 Hart und Agfa-Filter Nr. 42.

94

muß zu den kontrastreicher arbeitenden Infrarot-Platten „Hart“ oder dem Infrarapid-Film 750 gegriffen werden, die dann auch in kräftig arbeitenden Entwicklern verarbeitet werden müssen. Bei Halbtönvorlagen sind die weniger kontrastreich arbeitenden Sorten „Rapid“ oder ebenfalls der Infrarapid-Film 750 zu nehmen. Der Film wird dann natürlich weich entwickelt (s. S. 26). Bei Reproduktionen wird meistens mit längeren Auszügen gearbeitet werden müssen, deshalb ist eine Scharfeinstellung mit dem Rotfilter erforderlich. Immer sind die zu erreichenden Ergebnisse gut.

Einzelne Seiten eines durch Brand stark beschädigten Kirchenbuches sollten durch Reproduktionen sichergestellt werden, bevor sie völlig verderben. Das photographische Ergebnis, zunächst mit panchromatischem Material durchgeführt und dann mit Infrarot-Platten vorgenommen, zeigt den Vorteil der Infrarot-Methode (Abb. 92 und 93).

Reproduktion  
eines durch Brand  
beschädigten  
Schriftstückes

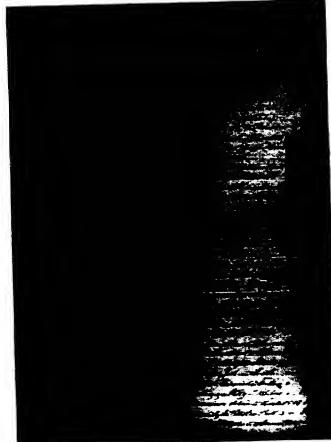


Abb. 93. Agfa Phototechnischer Film B, panchromatisch.  
Aufnahmen: Deutsches Archiv für Genealogie

95

#### Archäologische Forschungen

Die Altertumskunde hat sich in besonderen Fällen der Infrarot-Photographie mit Erfolg bedient.

Plotnikow (8) berichtet über eine ägyptische Mumie, deren Binden einen wertvollen, zum Teil unleserlichen etruskischen Text enthielten. Durch Verschmierung mit Harz war es nicht möglich, den Text zu entziffern. Harz als „trübes Medium“ wurde von den langwelligen Strahlen des Infrarot durchdrungen. Hier ließ sich die Infrarot-Photographie gut verwenden. Der Text konnte rekonstruiert und der Öffentlichkeit übergeben werden.

Bei der Entzifferung der gotischen Bibelübersetzung des Ulfila (Wulfila, gotischer Bischof, gest. 383) leistete die Photographie durch Infrarot-Material der Forschung große Dienste.

Ebenso gewann die Infrarot-Photographie Bedeutung bei Aufnahmen von Blättern eines verblaßten griechischen Codex. Papyrusblätter, deren Texte nur schwer lesbar sind, konnten durch die Anwendung der Infrarot-Photographie viel leichter entziffert werden. Die Sicherstellung der Dokumente auf diese Weise ist für den Altertumsforscher von großer Wichtigkeit.

Die Möglichkeit, verblaßte Schriften auf Papier, Leder u. ä. lesbar zu machen, beruht auf der Tatsache, daß die in das Material eingedrungene Tinte oder Farbe für Infrarot ein anderes Reflexionsvermögen hat als die nicht beschriebenen Teile des Originals.

Aber auch bei Grabungen, beim Anschneiden von Erdschichten mit Brandresten und in anderem Forschungsgebieten kann die Infrarot-Photographie eben durch das unterschiedliche Reflexionsvermögen der infraroten Strahlen an verschiedenen Stoffen zu wertvollen Aufschlüssen führen.

#### Reproduktionen von Gemälden

Bei alten Gemälden ohne Signum, die durch das Nachdunkeln der Firnisdecke Einzelheiten nicht mehr erkennen lassen, besteht oft ein lebhaftes Interesse, genauere Kenntnis über die Pinselführung und Manier des Künstlers zu bekommen, um daraus Rückschlüsse auf den Urheber ziehen zu können.

Die verschiedenen photographischen Verfahren werden eingesetzt, um solche Einzelheiten zu erforschen. Die „Photographie im Ultravioletten“ leistete hier bereits hervorragende Ergebnisse. Ebenso wurde zu dem gleichen Zweck auch schon die „Röntgen-Photographie“ verwendet. Im Rahmen dieses Buches soll jedoch nur die Infrarot-Photographie behandelt werden, mit der auch besondere Leistungen erzielt werden können. Je nach den vorliegenden Originalen und Verhältnissen kommt eines der aufgeführten Verfahren für die Untersuchungen von Gemälden in Betracht. Die getrübte und nachgedunkelte Firnisdecke wird von den Infrarotstrahlen leicht durchdrungen, und dadurch ist es möglich, in Verbindung mit Infrarot-Materialien überraschende Ergebnisse zu erzielen. Auf diese Weise wurden auch schon Fälscher „Alter Meister“, entlarvt. Ebenso können Übermalungen auf diese Art nachgewiesen werden, wenn die zur Übermalung benutzten Farben in ihrer chemischen Zusammensetzung anders waren als die vordem verwendeten. Gegenüber den Infrarot-Strahlen verhalten sich die Farben dann in ihrer Absorption und Reflexion verschieden und sind an der Infrarot-Aufnahme leicht zu unterscheiden.

Von der „Deutschen Fotothek, Dresden“ durchgeführte Vergleichsaufnahmen (Abb. 94 und 95) lassen im Infraroten (Abb. 94) aufschlußreiche Einzelheiten erkennen. Es sind Striche der Vorzeichnungen sichtbar, die später als Schatten in den Falten des Überwurfs übermalt wurden. Auch kleinere Vorzeichnungen in den Gesichtern wurden ebenfalls übermalt. Dem Auge sind diese Schraffuren verborgen. Das Gemälde bietet sich dem Betrachter dar, wie es die Aufnahme im sichtbaren Licht bringt (Abb. 95).

Zur Verwendung kam für die Infrarot-Aufnahme eine Agfa-Infrarot-Platte 950 und das Schott-Filter RG 10. Bei dem Licht von zwei Nitra-phot-Lampen zu je 500 Watt in 1 m Abstand vom Gemälde mußte die Infrarot-Aufnahme rund 30 mal länger belichtet werden als die Auf-



Ausschnitt-  
Reproduktionen  
Original: Psedella,  
Zwickauer Altar —  
Leipzig: Museum.

Abb. 94. Agfa-Infrarot-Platte 950 · Schott-  
filter RG 10  
Blende 22 · 25 Min.

Aufnahmen:  
Deutsche Fotothek.  
Veröffentlichung mit  
frdl. Genehmigung der  
Deutschen Fotothek,  
Dresden.

Beleuchtung:  
2 Nitraphot-Lampen  
je 500 Watt.



Abb. 95. Agfa-Isopan-  
F-Platte, ohne Filter  
Blende 16 · 20 Sek.

nahme auf Agfa-Isopan-F-Platte ohne Filter. Als Entwickler diente in beiden Fällen Agfa-Rodinal in der Verdünnung 1 + 20. Die Infrarot-Platte wurde 5 Minuten, die Isopan-Platte 3 Minuten entwickelt. F. Müller-Skjold, H. Schmitt und K. Wehlte (9) verwendeten bei ihren Gemäldeuntersuchungen Agfa-Platten 850 Hart mit dem Schottfilter RG 9, Agfa-Infrarot-Platten 950 und 1050 mit dem Filter RG 7. Mit Hilfe dieser Materialien wurden in dunklen Bildstellen mit vorherrschend warmen Farbtönen (Gelb, Rot, Braun) versprechen hierbei die besten Erfolge.

Auch für Reproduktionen im allgemeinen kann man sich mit Erfolg der Infrarot-Photographie bedienen. Besonders dann, wenn es gilt, außergewöhnlich dunkle Bildpartien in der Reproduktion so wiederzugeben, daß mehr Einzelheiten zu erkennen sind als bei einer gewöhnlichen Aufnahme.

In den genannten Fällen wird man sich der Infrarot-Platten Rapid bedienen, die außerdem noch möglichst zart entwickelt werden müssen. So wurden die Aufnahmen nach dem Gemälde eines unbekannten holländischen Malers (Abb. 96 und 97) in dem zart arbeitenden Entwickler Agfa-Denal nur 6 Minuten entwickelt. Dieser Helllichtentwickler ge-



Reproduktionen  
Original:  
unbekannter  
holländischer  
Maler des 17. Jh.  
(Berghem  
nahestehend).

Abb. 96.  
Agfa-Infrarot-  
Platte 850 Rapid  
Agfa-Filter Nr. 42  
Blende 11  
120 Sek.

Beleuchtung:  
2 Nitraphotlam-  
pen (je 500 Watt),  
gemischt mit  
Tageslicht.  
Aufnahmen:  
Richard Grabsch



Abb. 97. Agfa-  
Isopan-F-Platte,  
ohne Filter  
Blende 11 - 6 Sek.

stattete die genaue Beobachtung während des Entwicklungsvorganges, so daß im richtigen Augenblick unterbrochen werden konnte.

#### Photogrammetrie

Die Bildmessung oder Photogrammetrie (von dem deutschen Geographen L. Kersten geprägte Bezeichnung) hat die Aufgabe, aus einem oder mehreren Bildern die Form, Größe und Lage eines Gegenstandes zu ermitteln. Die Erdbildmessung ist hinsichtlich ihrer Schnelligkeit und Wirtschaftlichkeit bei größeren Vermessungsarbeiten den anderen Verfahren der Vermessung überlegen. An Hand von photographischen Aufnahmen können Grund- und Aufriß meßtechnisch ermittelt werden. Schwierigkeiten treten dann auf, wenn eine ungünstige Wetterlage das Fort-

schreiten der Arbeiten verzögert, oder wenn es sich um ein bergiges Gelände handelt, in dem durch Dunstschichten einzelne Geländeabschnitte nur undeutlich in Erscheinung treten. Auch bei Tagebauen und Flußregulierungen werden diese Schwierigkeiten zu beobachten sein. Hier hilft die Infrarot-Aufnahme. Sie überwindet, wie wir schon besprochen haben, mit Leichtigkeit Dunstschichten und gibt auch, wie wir ebenfalls schon geschen haben, die Ferne mit allen Einzelheiten wieder. Die Auswertung in starker Vergrößerung erfordert ein sehr feines Korn und ein gutes Auflösungsvermögen. Deshalb werden für die Erdbildmessung, die mit dem Phototeodoliten arbeitet und deshalb längere Belichtungen erlaubt, die Agfa-Infrarot-Platten Hart verwendet (siehe Körnigkeit und Auflösungsvermögen Seiten 21/22). Die Entwicklung

wird außerdem in Agfa-Atomal F oder Agfa-Rodinal in der Verdünnung 1 + 40 vorgenommen, eben um ein feines Korn und eine gute Auflösung zu erhalten.

Auch in der Luftbildmessung (Aerophotogrammetric) sind Infrarot-Materialien von Bedeutung. Sie helfen wiederum, Dunstschichten zu überwinden und erleichtern ebenfalls die Vorarbeiten für die Kartographie. Da die Aufnahmen in der Regel vom schnell fliegenden Flugzeug aus mit Hilfe der Luftbildkammer vorgenommen werden müssen, sind kurze Belichtungszeiten erforderlich. Dementsprechend wird Infrarot-Material mit genügender Empfindlichkeit ausgewählt, das wiederum im Interesse eines feinen Korns in entsprechenden Entwicklern zu verarbeiten ist.

#### Dunkelphotographie

Der Gedanke, in dunklen Räumen Aufnahmen vorzunehmen, ist schon alt. Immer standen diesem Problem große Schwierigkeiten entgegen, bis schließlich die Infrarot-Photographie hierfür nutzbar gemacht werden konnte. Der Begriff „dunkler“ Raum muß vom menschlichen Auge aus verstanden werden. Die Infrarot-Photographie braucht ja auch Licht, aber nur die langwelligen Infrarot-Strahlen, die für den Menschen nicht mehr sichtbar sind. Wir haben die verschiedenen Filter schon kennengelernt und gesehen, daß es solche von hellroter und tiefroter Färbung gibt, wovon wir die letzteren als Schwarzfilter bezeichnen. Nur diese können naturgemäß für die Dunkelphotographie in Betracht kommen. Daraus ergibt sich, daß wir jetzt anders verfahren müssen, als wir es bisher gewöhnt waren. Die Filter dürfen nicht mehr vor das Objektiv der Kamera gesetzt werden, sie müssen in geeigneter Form vor den Lampen angebracht werden, und zwar so, daß kein sichtbares Licht aus dem Lampengehäuse austreten kann.

Entsprechend den verwendeten Schwarzfiltern kommen nur Infrarot-Materialien in Betracht, deren Empfindlichkeitsmaximum zwischen 750 und 850  $\mu$  liegt. Höher sensibilisierte Materialien sind nur für Aufnahmen geeignet, die eine längere Belichtung zulassen und benötigen zudem Lichtquellen hoher Leistung.

Geeignete Lichtquellen für Dunkelaufnahmen sind, besonders für kinematographische Aufnahmen, Nitra- und Nitraphotlampen. Für Einzelaufnahmen kann man aber auch Blitzlampen und Blitzröhren heranzie-

Abb. 98. Reflektor des VEB Elektrotechnik Eisenach mit nachträglich angebauter Einrichtung zur Verwendung von Filtern für Dunkelaufnahmen.



hen. Die letzteren nur in Verbindung mit dem neuen, sehr empfindlichen Agfa-Infrarapid-Film 750, da Blitzröhren weniger Infrarot abstrahlen (s. S. 49).

Es ist anzunehmen, daß in absehbarer Zeit Reflektoren für Blitzlampen und Blitzröhren auf dem Markt erscheinen werden, die so konstruiert sind, daß vor dem Reflektor ein zwischen Glas befindliches Filter leicht montiert und wieder entfernt werden kann. Der Reflektor muß den Lampenkörper natürlich so umschließen, daß kein helles Licht austreten kann.

Solange geeignete Reflektoren noch nicht im Handel zu haben sind, ist man darauf angewiesen, sich diese selbst zu basteln oder nach eigenen Angaben bauen zu lassen (Abb. 98). Zum Auswechseln der Blitzlampen könnte das gezeigte Modell noch praktischer gestaltet werden.

Man kann sich auch durch direktes Färben der Lampen helfen. Morris und Spencer (10) empfehlen folgendes Rezept:

Eosin 4 g, Tartrazin 6 g, Säureviolett 4 Bl. 4 g, Wollgrün S 10 g, Gelatine 200 g, Glyzerin 100 ml, mit Wasser zu einem Liter verdünnen. Zur Bereitung der Überzugslösung wird die Gelatine in 500 ml Wasser geweicht und dann solange in einem Wasserbad von 40 bis 50 °C gerührt, bis sie aufgelöst ist. Die aufgeführten Farbstoffe werden jeder für sich in wenig Wasser von höchstens 65 °C aufgelöst. Zu diesen Lösungen wird etwas von der zuerst bereiteten Gelatine hinzugefügt. Das Glyzerin wird mit warmem Wasser verdünnt und im Wasserbad auf eine Temperatur von 50 °C gebracht. Abschließend werden alle Lösungen miteinander innig gemischt und mit warmem Wasser wird bis auf 1 Liter aufgefüllt.

Zum Überziehen werden die Lampen in die auf 35 °C temperierte Lösung getaut. Die Temperatur ist wichtig und läßt sich am besten in

einem Wasserbad konstant halten. Nach 5 Sekunden Tauchdauer wird die Lampe herausgenommen, mit dem Sockel kurze Zeit nach unten gehalten, wieder umgedreht und 24 Stunden lang zum Trocknen aufgehängt.

Der Verfasser ersetzte in dem angeführten Rezept Eosin durch Astaphloxin 2 g, Säureviolett 4 Bl. durch Säureviolett normal 3,2 g und Wollgrün durch Naphtolgrün 6 g und erreichte dadurch die Wirkung des Agfa-Filters Nr. 83.

Man wird sich schwer entschließen können, Blitzröhren mit dem gefärbten Überzug zu versehen, da sie ja auch noch für andere Zwecke genommen werden sollen. Man kann sich in diesem Falle helfen, wenn man sich eine Kappe aus Filterfolie (s. S. 42/43) herstellt, die genau auf die Blitzröhre paßt, so daß kein sichtbares Licht austreten kann.

In der Verhaltensforschung bei Tieren wurde die Dunkelphotographie schon mit Erfolg eingesetzt. So konnten Tierkämpfe bei kinematographischen Aufnahmen (Abb. 99a u. b) im Rahmen einer größeren Aufgabe der Verhaltensforschung (Prof. K. Lorenz und Dr. W. Schleidt, Forschungsstelle für Verhaltensphysiologie des Max-Planck-Institutes für Meeresbiologie, Büdern über Dulmen, Westf.) genau verfolgt werden (11).

Zur Verwendung kam Kodak-Infrarotfilm Type I. R. 135 mit einem Empfindlichkeitsmaximum bei 825  $\mu$ m und Filter Nr. 100 der Fa. Göttinger Farbfilter.

Für die Messung des Pupillendurchmessers bei Mensch und Tier ist die Dunkelphotographie gut geeignet. Man kann in der Weise vorgehen, daß Lampen ohne Filter für Normalaufnahmen aufgestellt werden und außerdem noch Lampen, die für die Dunkelaufnahmen mit einem Filter versehen sind. Dazu gehören dann zwei Kameras, die nebeneinander aufgestellt werden, wovon eine mit einem panchromatischen Film für Aufnahmen bei hellem Licht beschickt ist. Die zweite Kamera ist mit Infrarot-Material geladen und tritt dann in Tätigkeit, wenn Dunkelaufnahmen gemacht werden sollen. Je nach der Dauer der abwechselnd eingeschalteten Lampen wird die Pupille einen anderen Durchmesser

Abb. 99a und 99b. Tierfilmszenen aus den Infrarotfilmen „Kämpfende Fische“ und „Kämpfende Mäuse“.

Aufnahmen: Institut für den wissenschaftlichen Film, Göttingen



Abb. 99a

Abb. 99b

annehmen, der durch Messungen an den entwickelten Aufnahmen genau ermittelt werden kann.

Das „Blitzen“ zum Zwecke photographischer Aufnahmen wird meist als störend empfunden. Bei Anwendung von „Dunkelblitzen“ erschließen sich besonders dem Reporter neue Möglichkeiten. Er kann jetzt bei Tagen, im Theater, bei Feierstunden, in Versammlungen, bei Hochzeiten in der Kirche, ja selbst bei Sportaufnahmen in Hallen blitzen, ohne den Vortragenden, das Publikum oder die Sportler zu erschrecken. Der Photograph benutzt einfach den hochempfindlichen Infrarotfilm und „verdunkelt“ seine Blitzquelle. Dabei sind durchaus nicht immer nur die stärksten Filter nötig. In einem erleuchteten Raum genügt ein hellrotes oder rotes Filter vollkommen. Das dann beim Blitzen aufleuchtende rote Licht blendet nicht, erfüllt seine Aufgabe aber vollkommen. Die Grauwerte des fertigen Bildes fallen allerdings anders aus als bei Aufnahmen mit panchromatischen Filmen. Sie vermitteln aber trotzdem den Eindruck, der für die Bilder solcher Veranstaltungen nötig ist.

Auf die Möglichkeit überraschender unbemerkt Aufnahmen im Dunkeln, auf der Straße, bei aktuellen Ereignissen aller Art soll ebenfalls noch hingewiesen sein.

Für die Belichtung bei Kleinbildaufnahmen mit Agfa-Infrarapid-Film 750 mögen die bereits genannten Leitzahlen dienen (s. S. 49).

#### Aufklärung von Fälschungen

Wir haben nun schon die verschiedenartigsten Anwendungsgebiete der Infrarot-Photographie kennengelernt, aber immer wieder tauchen andere Möglichkeiten auf. Fälschungen von Schriftstücken durch die Photographie nachzuweisen, ist schon eine alte Methode. Verschiedene Wege wurden beschritten, um Fälschungen beweiskräftig festzustellen. So wurden farbenempfindliche Schichten in Verbindung mit Lichtfiltern angewendet. Sehr starke Vergrößerungen ließen oft die Fälschungen leicht erkennen. Auch stereoskopische und mikroskopische Aufnahmen halfen, Fälschungen aufzudecken. Die Infrarot-Photographie, mit der wir uns hier besonders befassen, ist ebenfalls bestens geeignet, wertvolle Dienste zu leisten. Bedenken wir, daß Tinte auf die mannigfaltigste Art hergestellt wird. Es gibt dadurch Farben der verschiedensten Nuancen. Wie viele Tinten erscheinen aber unserem Auge in der Färbung völlig gleich.

Ein Fälscher wird eine Tinte wählen, die in ihrem Aussehen der des Originals völlig gleicht. Im Infrarot wird aber nach unseren Erfahrungen durch das unterschiedliche Reflexionsvermögen ein Unterschied in der Wiedergabe auftreten. Ebenso ist es, wenn auf Papier geschabt oder rasiert wird. Die Oberfläche des Papiers wird verändert und reflektiert bei einer Infrarot-Aufnahme besonders unterschiedlich.

Zwei Beispiele, die entgegenkommenderweise von der Oberpostdirektion Berlin, Abt. Sicherheit und Untersuchung, zur Verfügung gestellt wurden, sollen diese Ausführungen praktisch erläutern.

Eine Postanweisung (Abb. 100 Ausschnitt) war ursprünglich auf 200 DM ausgefertigt worden. Nachträglich wurde die 200 in 260 geändert. Bei der Betrachtung der Postanweisung war nicht zu erkennen, daß es sich um eine Fälschung handelte. Erst eine Infrarot-Aufnahme zeigte deut-

#### Infrarot-Aufnahmen aufgeklärter Fälschungen

**Postanwei**  
auf 200 DM

Abb. 100.

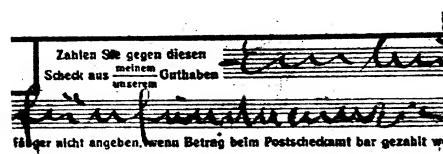


Abb. 101.

Beide Aufnahmen wurden mit Agfa-Infrarot-R-Film hergestellt (diese Filmsorte gibt es nicht mehr. Sie wurde ersetzt durch den etwa viermal so empfindlichen Agfa-Infrarapid-Film 750). Agfa-Filter Nr. 42, Belichtung 3 Sek. Entwickelt in Agfa-Atomal. Veröffentlicht mit frdl. Genehmigung der Oberpostdirektion Berlin, Abt. Sicherheit und Untersuchung.

lich die Unterschiede in den verwendeten Tinten bei der 6 und gleichzeitig die ursprüngliche 0. Bei einem Postscheck (Abb. 101 Ausschnitt) handelt es sich ebenfalls um eine Fälschung. Der ausgeschriebene Betrag war von „Einhundertfünf“ dadurch in „Einhundertfünfundneunzig“ umgeändert worden, daß radiert und nachgeschrieben wurde. Bekanntlich besteht die Vorschrift, hinter einer ausgeschriebenen Zahl im linierten Teil des Postschecks einen Strich zu setzen. Im vorliegenden Falle wurde der Strich radiert und an seine Stelle „undneunzig“ geschrieben. Als Fälschung waren bei der Betrachtung des Postschecks weder die Radierung noch die nachgeschriebenen Buchstaben zu erkennen. Mit Hilfe der Infrarot-Aufnahme wurde das Fehlen der dritten Linie von unten und die viel hellere Wiedergabe der nachgeschriebenen Buchstaben erkannt und damit der Beweis einer Fälschung erbracht.

#### Aufnahmen der Kriminalistik

Die Photographie ist ein aus der Kriminalistik nicht mehr fortzudenkendes Hilfsmittel. Die Infrarot-Photographie erweitert den Arbeitsbereich wesentlich, weil mit ihrer Hilfe dem Auge nicht sichtbare Dinge nachgewiesen werden können. Nicht selten sind schwere Verbrechen durch die Infrarot-Photographie aufgeklärt worden. In oft mühseliger, umfangreicher Kleinarbeit müssen vielfach Reihen von Aufnahmen vorgenommen werden, um unsichtbare Dinge durch die Infrarot-Photographie sichtbar zu machen. Das Allgemeininteresse an einer erfolgreichen Beweisführung bestimmter Verbrechen verbietet eine ausführliche Erläuterung.

Es gibt eine Reihe von Fällen, die besprochen werden können. Gefälschte Stempel und Schriften, die beispielsweise bei Urkunden nachträglich eingefügt wurden, unterscheiden sich in der Kontrastwiedergabe bei einer Infrarot-Aufnahme erheblich vom Urtext, wenn andere Tinte, Farbe oder Tusche benutzt wurde, da das Reflexionsvermögen auf Grund der unterschiedlichen Zusammensetzung anders ist. Hierher gehört auch das Sichtbarmachen von unsichtbaren Schriftzügen, die mit besonderen Lösungen geschrieben wurden. Je nach der verwendeten Flüssigkeit können die Schriftzüge durch die Infrarot-Photographie identifiziert werden. Durch Papier verdeckte Mitteilungen unter hinterklebten

Bildern können ohne Zerstörung oder Ablösung des Papiers photographiert werden. Ebenso kann die Schrift von Briefen durch den Umschlag sichtbar gemacht werden. Voraussetzung ist in diesen Fällen ein normales, nicht zu starkes Papier, das für Infrarot-Strahlen genügend durchlässig ist. In all diesen Fällen wird man sich der Infrarot-Platten Hart bedienen. Kommt der Infrarapid-Film 750 zur Anwendung, so wird man diesen möglichst kontrastreich entwickeln.

Tätowierungen, die durch künstliche Entzündung oder starke Bräunung der Haut unter der Quarzlampe oder Diathermiebehandlung unsichtbar wurden, lassen sich durch die Infrarot-Photographie einwandfrei darstellen. Dr. Miguel Jörg, Buenos Aires, berichtet, daß die Behörden eine Person suchten, von der weder Personalien, Fingerabdrücke noch Photographien vorhanden waren. Man besaß nur eine annähernde Beschreibung und Angaben, daß diese Person zwei Tätowierungen trug. Diese inzwischen beseitigten Merkmale konnten durch die Infrarot-Photographie nachgewiesen werden und somit konnte der Schuldige dem Gesetz ausgeliefert werden (12).

Schuhniederschläge an Stoffen absorbieren die Infrarot-Strahlen sehr stark. Auch schwarze oder dunkle Stoffe heben sich deutlich ab, da diese Gewebe durch die stärkere Reflexion heller erscheinen. Nach Prof. Jan A. Neumann, Warschau (13), leitet die gerichtliche Medizin daraus ab, ob der Schuh aus der Nähe abgegeben wurde.

Nach Martin (14) lassen sich Blutflecke auf Kleidern nachweisen, wenn das geeignete Infrarot-Material verwendet wird.

#### Astrophotographie

Prinzipiell werden unter der Bezeichnung Astrophotographie verschiedene Verfahren zusammengefaßt: Am bekanntesten sind für den Nichtfachmann Aufnahmen mit Objektiven möglichst langer Brennweiten an Kameras des allgemeinen Bedarfs. Der Astronom bedient sich des Teleskops, Refraktors und der Schmidt-Kamera. Für spezielle Aufnahmen kommt das Sonnenkorona-Gerät in Betracht. Oft sind sehr lange Belichtungen erforderlich, die sich bis zu Stunden ausdehnen. In solchen Fällen wird durch eine sinnvolle Mechanik ein Ausgleich geschaffen, so daß trotz der Drehung der Erde stets der gleiche Bildausschnitt des nächtlichen Sternhimmels festgehalten wird. Auch die astronomische Spektrographie hat groß Erfolge gebracht.

Eine Erweiterung für astronomische Forschungen ist mit Hilfe der Infrarot-Photographie möglich geworden. Die Spektren des Saturn und seines Ringes wurden von Wildt (15) mit Infrarot-Platten aufgenommen. Ferner von Wildt und Meyer (16) die Spektren Jupiters und Uranus. Die Infrarot-Photographie von Nordlichtern ergab zwei scharfe infrarote Linien bei 788 und 810  $\mu$ , die möglicherweise dem Stickstoff zuordnen sind (17). Absorptionsbanden des Ammoniaks und des Methans wurden im Spektrum von Jupiter und Uranus durch Wildt (18) identifiziert.

Durch Aufnahmen von Nebeln mit Infrarot-Platten konnten zahlreiche Sterne nachgewiesen werden, die mit anderen photographischen Materialien nicht erfaßt werden konnten (19).

Eine Infrarot-Photographie des Planeten Mars ergab einen kleineren Durchmesser der Scheibe als bei der gewöhnlichen Photographie. Dies war ein Beweis für das Vorhandensein einer Marsatmosphäre. Das langwellige Infrarot wird weniger gebrochen als sichtbares Licht, und die Lichtstrahlen in einer Atmosphäre mit nach außen abnehmender Dichte werden deshalb weniger abgelenkt (20).

#### Medizinische Aufnahmen

Für Sonderaufgaben in der Medizin bewährte sich die Infrarot-Photographie schon in vielen Fällen. In neuerer Zeit wird sie für Forschungszwecke eingesetzt, über die hier noch nicht ausführlich berichtet werden kann, da noch keine abschließenden Ergebnisse bekannt geworden sind.

Alle neueren Arbeiten über die Strahlendurchdringung der Infrarot-Strahlen am lebenden Gewebe zeigen, daß die größte Durchlässigkeit im Gebiete des an der Grenze zum Infrarot liegenden sichtbaren Rot und im nahen angrenzenden Infrarot gegeben ist, nämlich bei 720 bis 800  $\mu$  (21).

Für alle Untersuchungen, die auf der Strahlendurchlässigkeit der menschlichen Gewebe basieren, ist daher von einer Sensibilisierung der Platten zum langwirksigen Infrarot nichts zu erwarten. Im Gegenteil, jenseits von 1400  $\mu$ , hört jede Strahlendurchlässigkeit der Gewebe auf.

Eine Steigerung der Empfindlichkeit von photographischen Infrarot-Aufnahmefmaterialien würde jedoch die medizinischen Arbeiten wesentlich

erleichtern. Es könnten einerseits kürzere Belichtungszeiten verwendet und andererseits die notwendigen Lampen in ihrer Zahl wesentlich verringert werden.

An Aufnahmen von kleinen Küvetten (Flüssigkeitsschichtdicke 10 mm) zeigt Eggert (22) die Möglichkeit auf, Kohlenoxyd im Blut nachzuweisen. Kohlenoxydhaltiges Blut ist für die Infrarot-Strahlung durchlässiger. Die Verwendung von Agfa-Infrarot-Platten 750, 850 und 950 ergab bei diesen Untersuchungen nur geringe Unterschiede. Diese ursprünglich mit frischem Schweineblut durchgeführten Versuche wurden auf das Blut von Meerschweinchen und Menschen übertragen und die gewonnenen Ergebnisse konnten bestätigt werden. Eggert berichtet weiter: „Entnimmt man einer Vene nach einer leichten Kohlenoxydvergiftung einen Tropfen Blut und photographiert diesen auf einem Objekträger, zugleich mit einem Tropfen gesunden Blutes, im ultravioletten Licht, so wird auf dem Positiv das vergiftete Blut weiß, das gesunde schwarz wiedergegeben. Selbst nachdem sich der Patient 45 Minuten an der frischen Luft erholt hatte, und wir auf dem üblichen spektroskopischen Wege in seinem Blute kein Kohlenoxyd mehr nachweisen konnten, zeigte uns die Infrarot-Aufnahme noch immer etwas von der für das Kohlenoxyd charakteristischen Durchlässigkeit für ultraviolettes Licht.“

Erbslöh faßt die Arbeiten über Infrarot-Aufnahmen des Auges wie folgt zusammen: „Infrarot-Aufnahmen des Auges sind erstmalig 1933 von Dekking (23) gemacht worden. Bei infraroten Aufnahmen der Iris fand Dekking bei einer Wellenlänge von 810  $\mu$ , daß eine dunkelbraun pigmentierte Iris heller erscheint als eine blaue. Dabei sind die dunkel pigmentierten Trabekel heller als die anderen Teile der Iris. In einem Falle einer zweifarbigem Iris waren die brauen Anteile im Infrarotbild wesentlich heller als der restliche blaue Anteil. Bei beginnender Atrophie der Iris kamen die Teile, in denen die Chromatophoren zerstört und durch grauweißliches Bindegewebe ersetzt waren, dunkler als das gesunde Gewebe.“

Die Reflexion der Infrarot-Strahlen hängt von der Farbe des Augenpigments ab. Die rein braun pigmentierten Anteile der vorderen Irisoberfläche reflektieren infrarotes Licht stark und erscheinen daher oft gleich hell wie die Sklera. Dagegen ist in den Fällen, wo die braune Farbe durch das durchscheinende Pigment der Irisoberfläche verstärkt wird, die Reflexion des Infraroten geringer, wodurch die Iris in der

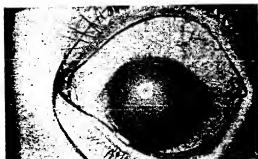
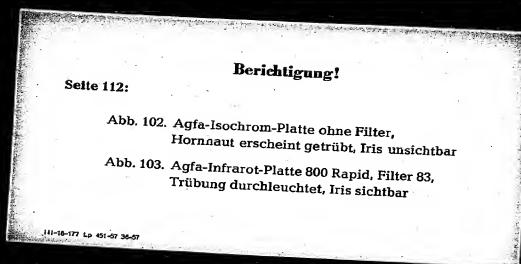


Abb. 102. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Filter Nr. 83 · Trübung durchleuchtet, Iris sichtbar.

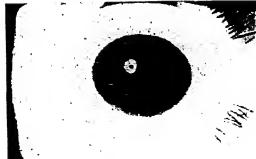


Abb. 103. Agfa-Infrarot-Platte, ohne Filter · Hornhaut erscheint getrübt, Iris unsichtbar.

Veröffentlichungen des wissenschaftlichen Zentral-Laboratoriums der photographischen Abt. „Agfa“, Bd. III, 1933, Eggert, Stand der Infrarot-Photographie.

Infrarot-Aufnahme dunkler erscheint. Der dunkel pigmentierte Rand der Pupille, der bei einer gewöhnlichen Photographie im Schwarz der Pupille verschwindet und der selbst bei einer Farbenphotographie nur schwer zu unterscheiden ist, ist auf Infrarot-Photographien leicht zu erkennen.“

Dekking konnte ferner darauf hinweisen, daß die Infrarot-Strahlen, genauso wie sie atmosphärischen Dunst durchdringen, auch durch eine trübe Cornea hindurchscheinen können. Bei einem Falle von Keratitis parenchymatosa, wo die Trübung der Hornhaut jede Einsicht in das Innere des Auges unmöglich machte (Abb. 102), ergab die Infrarot-Photographie ein klares Bild der Iris (Abb. 103).

Medizinische Infrarot-Aufnahmen nach Achteing (vorderer Augenabschnitt Keratis parenchymatosa).

In gleicher Weise betont Mann (24), daß durch Infrarot-Aufnahmen in Fällen von intensiver Hornhauttrübung der Zustand der Pupille, die Anwesenheit von Synechien und das Vorhandensein von Irisdefekten auf angeborener oder operativer Basis einwandfrei geklärt werden kann.

Was den Augenhintergrund angeht, so kam Kugelberg (25) 1934 auf Grund zahlreicher Aufnahmen bei infrarotem und sichtbarem Licht zu der Auffassung, daß hier die Infrarot-Photographie zwar theoretisches

Interesse, aber keinen praktischen Wert besitzt. Es ist zwar theoretisch möglich, den Augenhintergrund durch eine getrübte Linse, z. B. beim grauen Star, zu photographieren und das Vorhandensein pathologischer Veränderungen in der Choriodea, in der Retina und im Bereich der Sehnerven festzustellen, aber praktisch nicht möglich, Trübungen, Blutungen und Pupillenveränderungen im Infrarotbild mit genügender Sicherheit zu differenzieren.

Für Messungen des Pupillendurchmessers bei der Dunkeladaptation wurden Untersuchungen von Nagel und Klughardt (26) und von Gulbert, Ohnsted und Wagner (27) mit Hilfe von Infrarot-Aufnahmen durchgeführt. Für diese Methode bedient man sich der „Dunkelphotographie“, bei der das benötigte Filter nicht mehr vor das Objektiv, sondern in entsprechenden Abmessungen vor den Lichtquellen befestigt wird (s. S. 102/103). In diesen Fällen kommen Schwarzfilter, die alle sichtbaren Strahlen absorbieren müssen (s. S. 42/45), und die höher sensibilisierten Aufnahmegeräte in Betracht.

Über die Darstellung der Hautvenen in der Schwangerschaft und im Wochenbett mit Hilfe der Infrarot-Photographie berichtet Erbslöh (21 u. 28) sehr ausführlich und aufschlußreich. Er kommt zu folgender Feststellung: „Am frühesten treten gravitätsbedingte Veränderungen des Venennetzes im Bereich der Mamme auf, später auch an den Beinen und am Abdomen. Bereits ausgebildete Varizen werden auch außerhalb der Schwangerschaft in vollem Umfang abgebildet.“

Einige der von Erbslöh verwendeten Arbeitsmethoden sollen hier noch im einzelnen besprochen werden.

Erbslöh erzielte mit Nitraphot- und Glühlampen hoher Wattzahl die besten Ergebnisse. Wegen der Schwankungen in der Spannung des Stromnetzes wird vorgeschlagen, die Aufnahmen zu solchen Zeiten durchzuführen, wenn die Spannung möglichst konstant ist. Das dürfte vorwiegend nachts der Fall sein. Das Photographieren während der Nacht ist aber selbst für stationäre Patienten nicht sehr günstig. Eine gleichbleibende Beleuchtung mit sehr guter Ausnutzung im Infrarot steht uns in den Blitzlampen zur Verfügung.

Wir sind damit nicht mehr abhängig von der Ungleichmäßigkeit des Lichtnetzes und erhalten die gleichen Ergebnisse. Die Lichtfülle von zwei Vakublitzten Nr. 1, die in etwa  $1/25$  bis  $1/50$  Sek. abbrennen, entspricht der von 4 Nitrophotlampen bei 1 Sek. Belichtungsdauer.

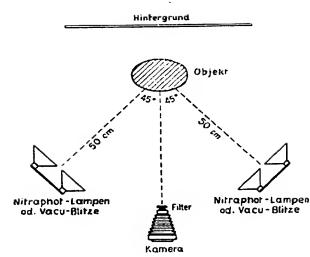


Abb. 104. Anordnung der Lichtquellen und der Kamera bei medizinischen Aufnahmen.

Die Darstellung der subkutanen Venen erfolgt am besten nach einer besonderen Anordnung (Abb. 104). Da es bei der Darstellung von Venen nicht auf die äußere Form des betreffenden Körperteiles ankommt, sondern vielmehr auf den Unterschied zwischen dem reflektierten und absorbierten Licht, müssen Schattenbildungen und Oberflächenreflexe möglichst vermieden werden. Handelt es sich um ein Objekt größerer vertikaler Ausbreitung, so werden zweckmäßig je zwei Lampen untereinander gestellt.

Starke Behaarung der darzustellenden Körperpartie macht ein vorheriges Entfernen der Haare erforderlich. Bei Versuchen, die Durchlässigkeit der Haut für Infrarot-Strahlen durch Einreiben mit Glycerin oder Öl zu steigern, hat Erbslöh keinen erkennbaren Vorteil gefunden.

Vermehrte Venenzeichnung im Bereich der Brust bei einer Schwangerschaft im 5. Monat

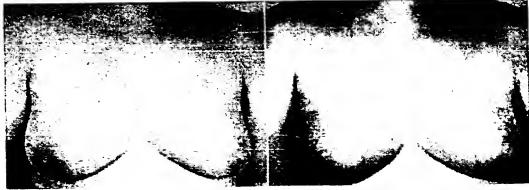


Abb. 105. Normalaufnahme. Abb. 106. Infrarot-Aufnahme.  
Abb. 105 u. 106 aus Zentralblatt für Gynäkologie, 74. Jahrgang 1952, Heft 2, Seite 52, Abb. 1a u. 1b, Johann Ambrosius Barth.

Patientin mit normaler Venenentwicklung  
4 Niphaphotlampen, Abstand Lampen-Objekt 50 cm.



Abb. 107.

Abb. 107. Panchromatischer Porträtfilm 21/10° DIN · Blende 22,5 Belichtung  $\frac{1}{5}$  Sek.\*

Erbslöh kommt bezüglich der Leistungsfähigkeit der Infrarot-Photographie bei der Venendarstellung zu folgender Zusammenfassung:

„In der Literatur ist darüber ein Streit entstanden, ob auch Venen abgebildet werden, die mit bloßem Auge nicht zu sehen sind. Haxthausen (29) bejaht die Frage. Seiner Ansicht haben sich Paine (30),

Abb. 108. Agfa-Infrarot-Platte 950 Agfa-Rötfilter Nr. 42 · Blende 11 Belichtung 1 Sek.\*



Abb. 108.

\* Die Klischees wurden freundlich vom Verlag W. Girardet, Wuppertal, zur Verfügung gestellt. Sie sind der Arbeit von Erbslöh entnommen „Die medizinische Infrarot-Photographie“, Röntgenblätter, III. Jahrgang, 6. Heft, November 1950.

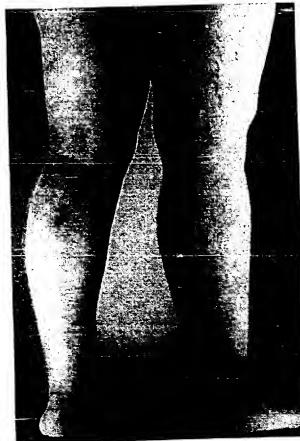
Hardy und Muschenheim (31) u. a. angeschlossen. Dagegen äußerten sich Barker und Julin (32), es sei fraglich, ob Venen, die mit bloßem Auge nicht gesehen werden können, auf Infrarot-Aufnahmen dargestellt werden. Wir sind dieser Frage noch einmal genauer nachgegangen und dabei zu folgenden Ergebnissen gelangt:

Das menschliche Auge ist als ein farbenempfindliches Organ besser in der Lage, feine bläulich durchschimmernde Venenstämmme aus der umgebenden Haut herauszudifferenzieren als die gewöhnliche orthochromatische oder panchromatische Platte. Der übliche Vergleich zwischen panchromatischen und Infrarot-Aufnahmen gibt daher kein wahrheitsgetreues Bild des vorhandenen Unterschiedes. Vergleicht man eine angefertigte Infrarot-Aufnahme später nochmals mit dem Aufnahmobjekt, so gelingt es einem in einer ganzen Reihe von Fällen, mit dem Auge dem Verlauf der einzelnen dargestellten Venen zu folgen. Dagegen ist das Auge nicht in der Lage, zu einer so eindrucksvollen Gesamtübersicht über das gesamte vorhandene Venennetz zu kommen, wie sie die Infrarot-Aufnahme gibt. In anderen Fällen muß dagegen ohne weiteres zugestanden werden, daß es dem Auge auch bei bestem Willen nicht gelingt, die auf der Aufnahme dargestellten Venenzeichnungen zu erkennen. Es ergibt sich somit, daß die Infrarot-Photographie in manchen Fällen mehr leistet als in anderen. Der hier vorliegende Unterschied ist leicht zu klären. Er ist nämlich in der sehr verschiedenen Transparenz der menschlichen Haut bedingt. Aus eben diesem Grunde sind Frauen für Infrarot-Aufnahmen im allgemeinen besser geeignet als Männer und Kinder im allgemeinen besser als Frauen. Die besten Aufnahmen sind bei Menschen zu erzielen, die eine sehr transparente, zarte, wenig fettriche Haut haben. Dabei ist nicht nur die Transparenz der Haut, sondern ebenso die Transparenz der Venenwand von Bedeutung, da die dunkle Färbung der Hautvenen im Infrarotbild ja nicht durch die Venenwand als solche, sondern vielmehr durch das dunkel hindurchschimmernde Blut bedingt ist. Infolgedessen stellen sich die großen Venenstämmme mit kräftiger Venenwand in der Regel schlechter dar, als man zu erwarten geneigt ist, wohingegen sich die feinen zarten Venen besonders gut abbilden. Aus dem gleichen Grunde heben sich auch durch Thrombose veränderte oder mit Hilfe von Injektionsmitteln verödete Venen schlecht aus der Umgebung hervor. Tief ins subkutane Fettgewebe eingebettete Venen gelangen sicher nicht zur Dar-

stellung. Bei tiefer liegenden Venen wird deren Darstellung noch dazu durch die Tatsache beeinträchtigt, daß eine starke Streuung des Lichtes in der oberflächlichen Haut stattfindet.“ Ein photographischer Vergleich zwischen einem gewöhnlichen panchromatischen Film, dem Agfa-Infrarot-R-Film und der Agfa-Infrarot-Platte mit einem Empfindlichkeitsmaximum bei  $950 \text{ m}_{\mu}$  zeigt zwischen den beiden Infrarot-Materialien nur einen geringen Unterschied (Abb. 109 bis 111). Er ist hauptsächlich technisch bedingt (Klembild gegenüber einer  $9 \times 12\text{-cm}$ -Aufnahme).

Patientin 14 Tage nach Verödung von Varicen am linken Unterschenkel und unmittelbar nach Abnahme des Elastoplastverbandes.

Abb. 109. Aufnahme auf panchromatischem Film ohne Filter.  
4 Nitraphotlampen zu je 500 Watt  
in 50 cm Abstand.



Auf dem Gebiete der Dermatologie (21) hat sich die medizinische Infrarot-Photographie insbesondere da bewährt, wo es gilt, bei tief-sitzenden Hautaffektionen, die unter einem Schorf verborgen sind, einen Einblick in den Heilungsprozeß zu erhalten. So ist es z. B. bei in Behandlung befindlichen Lupusfällen möglich, durch den für das Auge undurchdringlichen Schorf mit Hilfe

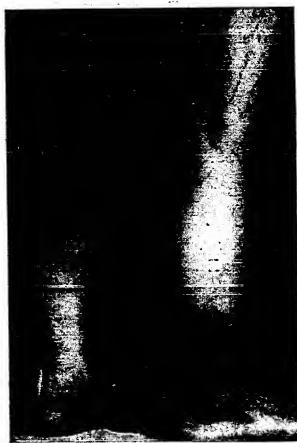


Abb. 110. Dieselbe Pat. - Leica-Aufnahme mit Agfa-Infrarot-R-Film und Agfa-Rothitter Nr. 42 Blende 5,6 · 1/10 Sek. Venenzeichnung auf der Vergrößerung deutlich erkennbar.

der Infrarot-Photographie ein Bild vom Zustand des jeweiligen Heilungsprozesses zu erhalten. Daß die Infrarot-Photographie oberflächliche Hautveränderungen, wie etwa bei der Psoriasis, nicht wiederzugeben vermag, sei erwähnt. Ebenso wird in Fällen von Ekzemen nicht das Ekzem als solches, sondern nur die in Verbindung damit auftretende Erweiterung der regionalen Blutadern dargestellt.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Infrarot-Photographie liegt in der Abbildung von Operations- und Sektionspräparaten. Zimmermann (33) konnte an Hand eines Magenkarzinoms nachweisen, daß die Abgrenzung des Tumors gegen das gesunde Gewebe im Infrarotbild anders verläuft als bei der gewöhnlichen Aufnahme.

Es werden dabei Einzelheiten sichtbar, die auch mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind. Massopust (34) und Swindle (35) haben sich besonders damit befaßt, das Gefäßsystem anatomischer Präparate darzustellen. Sie injizierten dazu in die Arterien eine Mischung von Zinnober ( $HgS$ ) und schwarzer Tusche und in die Venen reine schwarze Tusche. Auf diese Art und Weise wird das Arteriensystem bei Infrarot-Aufnahmen weiß und das Venensystem völlig schwarz dargestellt. Mills (36) hat sich hauptsächlich um die Darstellung silikotischer Lungen bemüht

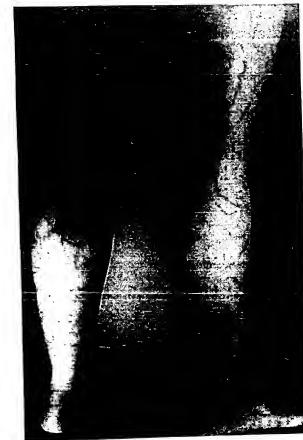


Abb. 111. Dieselbe Pat. - Agfa-Infrarot-Platte 950, mit Agfa-Rothitter Nr. 42 · Blende 11 · 1 Sek. Verbesserung der Venenzeichnung gering.

und konnte nachweisen, daß bei gewöhnlichen Aufnahmen eine große Anzahl der dunklen silikotischen Knoten vom Lungengewebe verdeckt wird, während auf Infrarot-Aufnahmen zahlreiche zusätzliche, mit bloßem Auge nicht mehr sichtbare silikotische Veränderungen in Erscheinung treten. Für die technische Ausführung derartiger Aufnahmen hat sich folgendes Vorgehen als zweckmäßig erwiesen (21):

Das Präparat wird auf eine ausreichend große, horizontale Glasplatte gelegt. Diese Glasplatte befindet sich selbst in einiger Entfernung über einem hellen Untergrund, um eine gleichmäßige Beleuchtung des Untergrundes zu erzielen. Zwei Infrarotlampen werden in ca. 100 cm Abstand seitlich derart angebracht, daß keine störenden Reflexe möglich sind. Falls bei feuchten Präparaten Glanzlichter auftreten, empfiehlt es sich, einen lichtdurchlässigen Wandschirm zwischen den Beleuchtungsquellen und dem Präparat so anzubringen, daß das letztere nur von diffusem Licht beleuchtet wird.

Lassen sich die Präparate aus ihren Standgläsern nicht entfernen, wird das Gefäß gegen einen hellen Hintergrund gestellt. Bei der Aufnahme müssen Verzeichnungen durch Unregelmäßigkeiten der Glaswand vermieden werden. Die Belichtungszeit ist entsprechend zu verlängern.

In der Krebsforschung wurden mit Agfa-Infrarapid-Film 750 Untersuchungen durchgeführt (Dr. F. Menken, Gladbeck i. Westf.), die sich auf folgende Einzelheiten erstreckten: Gefäßveränderungen des Muttermutes, Noxen an den äußeren und inneren Genitalien, die eine Sterilität bedingen, Gefäßveränderungen bei Mammatumoren, die mit bloßem Auge unsichtbar sind. Die Belichtung erfolgte durch Ringblitz mit Ulkatorgerät (El.-Ultrablitz 200 WS, Fa. Pafrath und Kemper, Köln). Die Ergebnisse lassen einen weiteren Fortschritt in der gynäkologischen Infrarot-Photographie erkennen. Vermutlich sind durch die Photokolposkopie im Infraroten weitere Erfolge zu erwarten.

#### Mikrophotographie

Zur Herstellung mikroskopischer Präparate, besonders von Insekten und anderen kleinen Lebewesen, ist man, um durch die pigmentierte Haut hindurchsehen zu können, oft gezwungen, die Präparate mit geeigneten Chemikalien zu bleichen. Ein solches Verfahren ist meistens umständlich und für das Präparat selbst manchmal nicht unschädlich. Liegt mit dem Präparat gar ein Unikat vor, so ist seine mechanische oder chemische Beschädigung besonders unangenehm. Zerstörungsfreie Aufnahmen sind durch die Infrarot-Mikrophotographie möglich. Man kann durch das Durchdringungsvermögen der Infrarot-Strahlen die gleichen Wirkungen erzielen wie mit den erwähnten Ausbleichmitteln. Die besten Ergebnisse werden im Durchlicht erzielt. Die Infrarot-Strahlen durchdringen die Chitinschicht der Insektenpanzer mit Leichtigkeit. Aber auch Hornsubstanz, verkohlte Fossilien, Holz usw. ergeben bei der Durchleuchtung in Verbindung mit Infrarot-Materialien gute Resultate.

Rot oder ähnlich gefärbte Dünnschnitte erscheinen dem Auge einheitlich. Erst durch Infrarot-Aufnahmen werden Einzelheiten sichtbar, bedingt durch Unterschiede im Absorptionsvermögen der verschiedenen Stellen des Präparates.

Die Mikrophotographie in Verbindung mit Infrarot-Materialien erlaubt also eine Erweiterung der bekannten Arbeitsmethoden, weil sie selbst dann noch Resultate ermöglicht, wo das sichtbare Licht bei Durchleuchtungen nicht mehr durchdringt.

Als Lichtquelle dienen Mikroskopierlampen oder normales Nitrallicht. Je nachdem, ob es sich um kontrastarme Präparate oder um solche mit hohen Kontrasten handelt, wird das Infrarot-Aufnahmematerial ausgewählt. Im ersten Falle greift man zu den Infrarot-Platten Hart, im zweiten Falle zu den Infrarot-Platten Rapid. Wird mit der Kleinbildkamera gearbeitet, so bedient man sich des Infrarapid-Filmes 750, dessen Kontrast durch eine entsprechende Entwicklung gelenkt wird. Die richtige Belichtungszeit ermittelt man vorteilhaft an einer Platte, auf die einige, um den Faktor 2 ansteigende Stufen aufbelichtet werden. Nach der Entwicklung sucht man die Stufe mit der gewünschten Dekkung heraus und belichtet die Aufnahme dementsprechend. In der Scharfeinstellung bestehen keine größeren Schwierigkeiten bei Mikro-Infrarot-Aufnahmen, wenn mit Apochromaten gearbeitet wird. Sie sind für das gesamte sichtbare Spektrum korrigiert. Die Fokussdifferenz zwischen dem sichtbaren Rot und dem Infrarot ist bei ihnen verschwindend klein. Daß für Infrarot-Aufnahmen im Mikroskop ebenfalls Rot- oder Schwarzfilter zur Ausschaltung des sichtbaren Lichtes erforderlich sind, braucht wohl nicht besonders erwähnt zu werden. Wird zudem mit einem Filter scharf eingestellt und dann zur Aufnahme das benötigte dunklere Filter eingesetzt, sind Unschärfen nicht zu befürchten. An einigen Beispielen soll die Leistungsfähigkeit des Infrarot-Verfahrens erläutert werden. Zum Vergleich diente der hochorthochromatische Agfa-Fluorapidfilm und der Agfa-Infrarapid-Film 750. Als Lichtquelle wurde die im Mikroskop eingebaute Punktlichtlampe bei offener Blende benutzt.

Um das richtige Negativ zu erhalten, war eine Reihe von Aufnahmen mit etwas unterschiedlichen Belichtungszeiten nötig. Die aufgenommenen Objekte waren in Boraxkarmin gefärbt.



Abb. 112. Lepas (Entenmuschel).  
Vergr. 1:25, 4fach nachvergrößert - Agfa-Infrarapid-Film 750, mit Agfa-Filter Nr. 42 -  $1/100$  Sek.

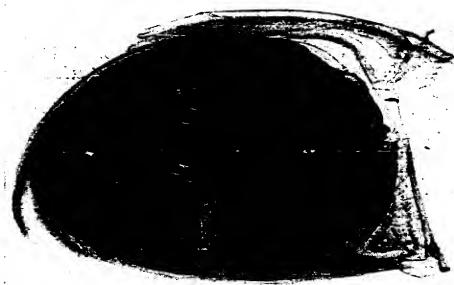


Abb. 113. Lepas (Entenmuschel).  
Vergr. 1:25, 4fach nachvergrößert - Agfa-Fluorapidfilm, ohne Filter -  $1/100$  Sek.

Sagitta bipunctata (Pfeilwurm).  
Vergrößerung 1:70, 4fach nachvergrößert.



Abb. 114. Agfa-Infrarapid-Film 750  
Agfa-Filter Nr. 42 -  $1/100$  Sek.

Abb. 115. Agfa-Fluorapid-Film, ohne Filter -  $1/100$  Sek.

Die differenzierte Form der im Körperinnern liegenden Organe fällt an den drei Infrarot-Aufnahmen besonders auf. Es lassen sich bei Lepas z. B. die einzelnen Darmabschnitte genau unterscheiden. In der Medizin spielt die Infrarot-Photographie auf dem Gebiete feingeweblicher Untersuchungen eine nicht unbedeutende Rolle. Untersuchungen, die Calzavara und Betrand (37) im Infraroten durchführten, ließen Veränderungen in der Feinstruktur des Plasmas und des Zellkerns erkennen, die mit bloßem Auge nicht sichtbar waren. Preissecker (38) bestätigt später diese Beobachtungen und fand besonders in rot gefärb-

Gammarus (Flohkrebs).  
Vergrößerung 1:15, 4fach nachvergrößert.

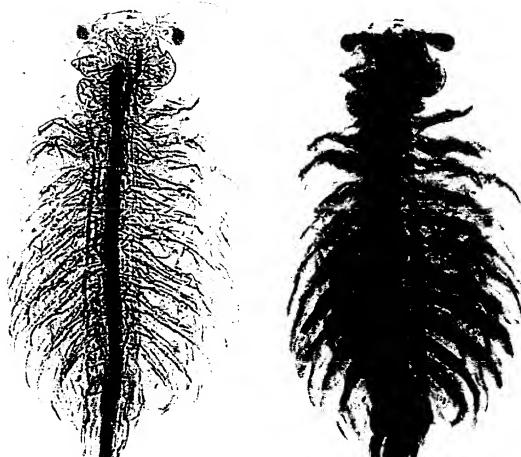


Abb. 116. Agfa-Infrarapid-Film 750  
Agfa-Filter 82 · 1/200 Sek.

Aufnahmen: Werner Arndt

Abb. 117. Agfa-Fluorapid-Film, ohne  
Filter · 1/200 Sek.

Aufnahmen: Werner Arndt

ten Bezirken Dichteunterschiede, die auf normalem Wege nicht zu erkennen waren. Blair und Davies (39) konnten bei Silberfärbung von Nervenfasern mit Hilfe von Infrarot-Aufnahmen weit mehr Einzelheiten erkennen als bei Verwendung gewöhnlicher Platten. Weitere Untersuchungen auf embryologischem Gebiete stammen von Massopust (40) und Nicholas (41).

#### Botanische Aufnahmen

In der Botanik lässt sich die Infrarot-Photographie auch für besondere Aufgaben mit Erfolg verwenden. Das Verhalten des Blattfarbstoffes, das schon mehrfach unter dem Begriff des Chlorophylleffektes besprochen wurde, leistet hierbei wertvolle Dienste. So lässt sich bei der Entwicklung des Blattes zu den verschiedenen Jahreszeiten das Chlorophyll durch Infrarot-Aufnahmen beobachten. Der Einfluss von Parasiten, Pilzen oder Verbrennungen durch Spritzmittel kann auf die gleiche Weise nachgewiesen werden. Krankheiten, von denen Pflanzen betroffen werden, sind mit Hilfe der Infrarot-Strahlen leicht zu erkennen. Beginnende Nekrosen, z. B. an Kartoffelblättern, die dem Auge noch völlig verborgen sind, werden durch Infrarot-Aufnahmen sichtbar. In den kranken und absterbenden Stellen bilden sich Abbauprodukte, die die einfallenden Infrarot-Strahlen absorbieren. Diese Gebiete müssen daher auf der Abbildung dunkel erscheinen, während die übrigen Blattteile hell werden. Auch Schäden an Pflanzen durch Trockenheit, Dürre usw. sind mit Hilfe der Infrarot-Photographie zu erkennen. Eggert (42) hat die Erkenntnisse eingehend behandelt, woraus der Botaniker wichtige Schlüsse ziehen kann.

#### Mineralogische Aufnahmen

Minerale bildlich instruktiv darzustellen, bereitet wegen der Farben manchmal Schwierigkeiten. Auch hier hilft uns die Infrarot-Photographie, da die anorganisch chemischen Stoffe unserer Erdrinde die infraroten Strahlen außerordentlich verschieden reflektieren. Undurchsichtige Erzminerale ohne allzu große Anteile metallischer Bindung sind im Rot und vor allem im nahen Infrarot vielfach durchsichtig. Wo kein Bildwandler\* zur intensiven Ausnutzung dieser Erscheinung für Forschungszwecke zur Verfügung steht, bedient man sich der Infrarot-Materialien. Je nach der verwendeten Kamera reichen der Agfa-Infrarapid-Film 750 oder auch Platten mit einem Empfindlichkeitsmaximum bis 800 m $\mu$  aus.

\* Der Bildwandler ist ein elektronenoptisches Gerät, das die Umwandlung eines Infrarotsbildes in ein Elektronenbild auf dem Leuchtschirm einer Braunschen Röhre ermöglicht.

Völlig undurchsichtige Mineralien in normalem Licht kristalloptisch zu untersuchen, unternahm David Malmquist, Uppsala (42). Um die Durchlässigkeit der Opakminerale zu prüfen, versuchte er, Aufnahmen von Achsenbildern zu machen. Zur Anwendung kamen Agfa-Infrarot-Platten 850, deren Empfindlichkeitsmaximum bei  $855 \text{ m}\mu$  lag. Es zeigte sich dabei, daß Molybdänglanz in diesem Teil des Spektrums sehr durchlässig ist und ziemlich gute Achsenbilder gibt. Je nach der Dicke der Spaltblätter waren Belichtungszeiten von 4 bis 12 Minuten erforderlich. Der Antimonglanz ist zwar auch sehr durchlässig, gibt aber keine deutlichen Interferenzbilder, was möglicherweise durch die Oberflächenschichten beim Verschleifen bedingt ist. Platten von Eisenglanz und Arsenkies, die eine Dicke von etwa  $20 \mu$  hatten, gaben keine Resultate, da die Durchlässigkeit zu gering war.

## Spektralphotographie

Über die astronomische Spektrographie war unter dem Abschnitt Astrophotographie schon kurz gesprochen worden. Zur Erkennung der Elemente in der Chemie und zur Materialprüfung wird die Spektralanalyse benutzt. Das Gebiet des sichtbaren Lichtes lässt sich durch Verwendung geeigneter Materialien erweitern. Wenn gleich nur eine Ausdehnung bis etwa 1110  $\mu$  durch das Infrarot-Material möglich ist, so bedeutet die Auffindung von ultraroten Emissions- und Extinktionslinien chemischer Elemente und Verbindungen doch schon einen großen Erfolg.

Das Rotationsschwingungsspektrum des Acetylens wurde von Heidfeld und Mecke (43) aufgenommen und drei Absorptionsbanden zwischen 700 und 900  $\mu\mu$  festgestellt. Scheil und Lueg (44) ermittelten auf die gleiche Weise die Rotationsschwingungsbande des Athylens. Hingewiesen sei auf die Arbeiten von Childs und Mecke (45) über die Sauerstoffbande und auf die Arbeiten von Brodersen (46) und Mahla (47) über die infraroten Bandenspektren des Calcium- und Strontiumoxys. Eggert (48) gibt sehr interessante und aufschlußreiche Forschungsergebnisse und genaue Methoden der Spektrographie in den Veröffentlichungen des wissenschaftlichen Zentral-Laboratoriums Agfa Wolfen bekannt.

## Warenprüfungen

Mit dieser Bezeichnung soll nicht der Anschein erweckt werden, als könnte jedes Material und jede Ware mit Hilfe der Infrarot-Photographie geprüft werden. In erster Linie kommen unter diesem Begriff Waren in Betracht, die durch Färbungen eine Nachbehandlung erfahren haben oder solches Material, in das die Infrarot-Strahlen bis zu einer bestimmten Tiefe eindringen können. Als Folge des anders gearteten Absorptions- und Reflexionsvermögens im Infrarot können hier Prüfmethoden entwickelt werden, die eine viel größere Bedeutung verdienen.

So kann durch die Infrarot-Photographie an Textilien bestimmt werden, welche Gewebe und Färbungen Wärmestrahlen absorbieren, also speichern würden, bzw. welche die Strahlen reflektieren. Nicht jeder dunkle oder gar schwarze Stoff trägt sich im Sommer unangenehm, weil er zu „warm“ ist.

Gibt eine Infrarot-Aufnahme den Stoff im Positiv hell wieder, so ist das ein sicheres Zeichen, daß es sich nicht um einen warmen Stoff handelt.

Die Farbstoffe können schon vor ihrer Verarbeitung auf ihre Brauchbarkeit geprüft werden. Vorteilhaft schafft man sich Teste, aus denen hervorgeht, wie sich der Farbstoff gegenüber einer Ware verhält. Sodann lässt sich durch Vergleichsaufnahmen das spätere Verhalten des Farbstoffes schon vor der Verarbeitung feststellen.

Von P. W. Danckwirt, Hannover, liegt in dieser Hinsicht eine sehr interessante Arbeit (49) für textilechnische Untersuchungen vor. Um eine Gesetzmäßigkeit zu finden, welche schwarzen Farbstoffe infrarotes Licht reflektieren und welche nicht, wurden Tuchmuster mit 231 Säure- und Chrom-Farbstoffen eingefärbt und mit Infrarot-Film photographiert, sodann wurde die Schwärzung des Films photometrisch ermittelt.

In einer Tabelle sind die Ergebnisse zusammengestellt und nach steigenden Schwärzungswerten geordnet. Die Arbeiten wurden allerdings mit einem Agfa-Infrarot-Film besonderer Anfertigung durchgeführt. Das Empfindlichkeitsmaximum lag bei 850 m $\mu$ . Mit dem Agfa-Filter Nr. 85 schaltete man alle Wellenlängen unter 820 m $\mu$  aus, so daß ein nur verhältnismäßig schmaler Wellenbereich verwendet wurde.

Bei mikroskopischen Aufnahmen im Durchlicht lässt sich an Fasern und Fäden sehr dunkler Färbung der innere Aufbau im Infraroten genau erkennen. Bruchstellen und andere Schäden, die dem Auge verborgen bleiben, werden sichtbar und die Fabrikation einer solchen Ware kann auf Grund dieser Erkenntnisse entsprechend gesteuert werden.

Aber nicht nur im Durchlicht, sondern auch im Auflicht können gerade an Stoffen Oberflächenveränderungen und Fremdauflagerungen sichtbar gemacht werden. Störend wirken sich dabei die Glanzstellen aus, weshalb gerade bei Kunstlicht-Aufnahmen mit sehr diffusen Licht gearbeitet werden muss. Dadurch wird die Belichtungszeit allgemein erheblich verlängert, sie kann aber im Interesse einer guten Erkennbarkeit in Kauf genommen werden.

Einer Materialprüfstelle gelang es zum Beispiel, einen streng lokalisierten Lagerungsschaden, der anderen chemisch-physikalischen Prüfverfahren verschlossen blieb, durch eine Infrarot-Aufnahme örtlich zu fixieren und auf Grund der Ausdehnungsfäche zu beweisen, daß nicht mechanische Einwirkung, sondern eine chemisch-biologische Einwirkung die Grundursache der Beschädigung war, sich aber in einem rein mechanischen Effekt auswirkte. Die Aufnahme dieses Gewebes erfolgte mit Auflicht, wobei Infrarot-Hellstrahler zur Anwendung kamen.

#### Paläontologische Aufnahmen

Das bei Merseburg gelegene Geiseltal lieferte bei Ausgrabungen auf dem Gebiete der paläontologischen Forschung bedeutende Funde. Für die in den Braunkohlenschichten eingebetteten Fossilien erwies sich die Infrarot-Photographie als ein wichtiges Mittel für die Forschung (50). So zeigen die Knochen von Tierleichen in den 30 Millionen Jahre alten Kohlenlagern bei Infrarot-Aufnahmen ein anderes Reflexionsvermögen als die sie umgebende Braunkohle. Aber nicht nur Knochen, auch andere Objekte werden bei der Infrarot-Photographie anders dargestellt, als sie das Auge wahrnimmt. Interessant ist ferner die Tatsache, daß pflanzliche Funde mit Hilfe der Infrarot-Photographie zu wichtigen Erkenntnissen führten. Das schon mehrfach erwähnte Chlorophyll spielt hierbei eine besonders große Rolle. Noch nach den erwähnten Millionen von Jahren ist der Farbstoff des Blattgrüns gegenüber einer Infrarot-Aufnahme wirksam. So konnten die Formen von Blättern mit ihrer

Blattfund aus den Oberlausitzer Braunkohlenschichten. .  
Aufnahmen unter Verwendung von zwei Nitraphotlampen je 500 Watt.



Abb. 118. Agfa-Isopan-Platte · Blende 9 Abb. 119. Agfa-Infrarot-Platte 800 Rapid · Agfa-Filter Nr. 83 · Blende 9 · 6 Sek.  
Aufnahmen: Erika Wege

Aderung genau ermittelt werden. Sie ließen sich dadurch leicht einer bestimmten Art zuordnen. Es gibt Methoden, die Funde durch chemische Behandlung (beispielsweise das Bleichen mit Wasserstoffsuperoxyd) der Forschung dienstbar zu machen. Immer bedeutet eine solche Behandlung aber eine Gefahr für den Fund. Leicht kann er verletzt oder gar unbrauchbar werden. Deshalb wird man zunächst den Fund durch eine Infrarot-Aufnahme sichern und erst danach eine chemische Behandlung vornehmen.

Eine ergie Fundstelle an tertären Pflanzenresten der Oberlausitzer Braunkohlenschichten ist der Hasenberg bei Kamenz. Tierische Reste wurden hier praktisch nicht gefunden, da die bei der Inkohlung dieses Gebietes entstehenden Schwefel- und Humussäuren alle kalkhaltigen Bestandteile, wozu Knochen und Weichtierschalen gehören, auflösten. Um so reicher sind hier die Funde an Samen, Steinkernen, Zapfen und Blättern.

Das Exemplar eines Blattes, freundlichst übermittelt durch Dr. K. Berger, Kamenz, wurde wegen der unbedingten Erhaltung mit Kaliumchromat gehärtet, in Gelatine eingebettet und zwischen zwei Glasscheiben aufbewahrt. Nach kurzer Zeit war das Blatt so nachgedunkelt, daß das Auge sowohl in der Aufsicht als auch in der Durchsicht nichts mehr erkennen konnte als die äußere Form (Abb. 118). Eine Infrarot-Aufnahme ließ den inneren Bau und die Aderung des Blattes in allen Einzelheiten deutlich in Erscheinung treten (Abb. 119). Das überaus starke Reflexionsvermögen des Chlorophylls hatte bei der Aufnahme seine Wirkung ausgeübt.

Im Interesse erfolgreicher Infrarot-Photographie sollten besondere Erfahrungen mit Infrarot-Materialien der Allgemeinheit zugänglich werden. Der Verfasser bittet daher, über besonders interessante Infrarotden. Eine solche Zusammenarbeit sichert der Infrarot-Photographie bestimmt weitere Erfolge.

## LITERATURNACHWEISE

- (1) Gehne, H., Feingeräte-technik 1, 1952, 117-121.
- (2) Naumann, H., Optik, 10. Band, 1953, 413-422.
- (3) Naumann, H., Abhandl. d. Braunsch. Wissenschaft. Ges., Bd. VI, 1954, 107-112.
- (4) Naumann, H., Arch. f. Techn. Mess., V, 1954, 44-41.
- (5) v. Angerer, E., Z. S. f. angew. Photogr., Jahrg. 1 und 2, 1939/40, 73-80.
- (6) Forsythe, W. E., u. Christison, F. L., J. Optical Soc. Am. 1930, 20, 693-700.
- (7) Trivelli, A. P. H., Bericht u. d. VIII. Intern. Kongr. f. wissenschaftl. u. angew. Photogr., Dresden 1931, 313.
- (8) Plotnikow, J., Photogr. Korr., 74, Band, 1938, S. 54.
- (9) Müller-Skjold, F., Schmidt, H., Wehlte, K., Z. S. f. angew. Photogr., Jahrg. 1 und 2, 1939/40, 137.
- (10) Morris, R. B., u. Spencer, D. H., Brit. J. Photographic 87, 1940, 288.
- (11) Rieck, J., Kino-Technik, 1952, 172-174.
- (12) Jörg, M., Photogr. Korr., 74, Band, 1938, 148.
- (13) Neumann, Jan A., Photogr. Korr., 74, Band, 1938, 151.
- (14) Martin, F. W., Brit. Med. J. 1933, 1., 1025-1026.
- (15) Wildt, R., Nachr. Ges. Göttingen Math. Phys. Kl. 1932, 356.
- (16) Wildt, R., u. Meyer, E. J., Z. S. f. Astrophysik 3, 1931, 354.
- (17) Störmer, C., Physik. Ztschr. 33, 1932, 543; L. Vegard, Die Naturwissenschaften 20, 1932, 268 u. 720, W. Bauer, Die Naturwissenschaften 20, 1932, 287; C. Ramsauer u. A. Kalähne, Die Naturwissenschaften 20, 1932, 721.
- (18) Wildt, R., Die Naturwissenschaften 20, 1932, 851.
- (19) Brügel, W., Physik und Technik der Ultrarotstrahlung, Verlag Curt R. Vincents, Hannover 1951.
- (20) Richardt, E., Sichtbares und unsichtbares Licht, Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg 1952.
- (21) Erbähn, J., Röntgen. Blätter, III. J., H. 6, 1950, 305-319; H. 9, 1951, 22-43.
- (22) Egger, J., Voröff. Agfa Bd. IV, 1935, 110-113.
- (23) Dekking, H. M., Graefes Arch. Ophthalmol., 1933, 130, 373-374, 1934, 133, 20-25.
- (24) Mann, W. A., Arch. Ophthalmol., 1935, 13, 985-991.
- (25) Kugelberg, J., Acta Ophthalmol., 1934, 12, suppl. 3, 179-190.

(26) Nagel, M., u. Klughardt, A., *Z. Physik*, 1936, 101, 372–373.  
 (27) Gulbert, J. C., Ohnstedt, J. M. D., u. Wagman, J. H., *Am. J. Physik*, 1938, 122, 160–166.  
 (28) Erbsloh, J., *Zentralbl. f. Gynäkologie*, 1952, 2, 52–58.  
 (29) Haxthausen, H., *Dermatol. Wochschr.*, 1933, 97, 1289–1292.  
 (30) Payne, R. T., *Lancet*, 1934, 226, 235–236.  
 (31) Hardy, J. D., u. Muschenheim, C., *J. Chin. Investigation*, 1936, 15, 1–9.  
 (32) Barker, N. W., u. Julian, L. A., *Proc. Staff Metings Mayo Clinic*, 1934, 9 (ser. V), 68–70.  
 (33) Zimmermann, C., *Agfa-Röntgen-Blätter*, 1936, 6, 26–32, *Radio-graphy and Chin. Phot.*, 1939, 15, 31.  
 (34) Massopust, L. C., *Arch. Path.*, 1937, 23, 67–70.  
 (35) Swindie, P. F., *J. Biol. Phot. Assoc.*, 1940, 8, 105–110.  
 (36) Mills, G., *Radiography and Chin. Phot.*, 1937, 13, 12–13.  
 (37) Calzavara, E., and Bertrand, J., and Hadzigeorgiou, G., *Ann. mid.*, 128, 24, 119–136.  
 (38) Preissecker, E., *Wien. Klin. Wochschr.*, 1931, 2, 1458–1460.  
 (39) Blair, D. M., and Davies, F., *Lancet*, 1933, 225, 1 1113–1114, 11, 801.  
 (40) Massopust, L. C., *J. Biol. Phot. Assoc.*, 1936, 5, 20–24.  
 (41) Nicholas, J. S., *J. Biol. Phot. Assoc.*, 1936, 5, 3–13.  
 (42) Eggert, J., *Die Naturwissenschaften* 18, 1935, 282–204.  
 (43) Heifeld, K., u. Mecke, R., Z. S. f. Physik, 1933, 81, 764.  
 (44) Schieb, W., u. Lueg, O., Z. S. f. Physik, 1933, 81, 764.  
 (45) Childs, W. H. J., u. Mecke, R., Z. S. f. Physik, 1931, 68, 344 u. 362.  
 (46) Brodersen, P. H., Z. S. f. Physik, 1932, 79, 613.  
 (47) Masha, K., Z. S. f. Physik, 1933, 81, 625.  
 (48) Eggert, J., *Veröff. Agfa Bd. IV*, 1935, 104–108.  
 (49) Danckwerts, P. W., Hannover, Z. S. f. angew. Photogr. Jahrg. 1 u. 2, 1939/40, 48–50.  
 (50) Eggert, J., *Veröff. Agfa Bd. V*, 1937, 283–289.

## Weitere Infrarot-Literatur:

Deribére, Maurice  
 · *La photographie à l'infrarouge*.  
 Verlag Montel, Paris.  
 Clark, Walter  
*Photography by infrared. Its Principles and Applications*.  
 2. Aufl.  
 Verlag John Wiley u. Sons, New York. 1946.

## STICHWORTVERZEICHNIS

Abblenden 41  
 Abdomen 113  
 Absorptionsbänder 110, 126  
 Aerophotogrammetrie 83, 102  
 Antimonglanz 126  
 Arsenkies 126  
 Arteriensystem 118  
 Astronomische Forschungen 110  
 Astronomische Spektrographie 109  
 Astrophotographie 109  
 Atrophie der Iris 111  
 Aufklärung von Fälschungen 106  
 Auflösungsvermögen 22  
 Aufnahmefilter 41, 42, 43, 44, 45  
 Augenhintergrund 113  
 Auswügsverlängerung 38  
 Bandenspektren 126  
 Belichtung 46, 49, 89  
 Belichtungsmesser 46, 63  
 Belichtungsverlängerung 46, 47, 89  
 Bildmessung 101  
 Bildwandler 125  
 Blattgrün 50  
 Blauer Himmel 50, 52, 55, 56, 61, 62, 77  
 Blende 37  
 Blitzlampen 9, 13, 48, 49, 102, 103, 113  
 Blitzlichtpulver 9, 13  
 Blitzröhren 9, 13, 48, 49, 102, 103  
 Blutflecke 109  
 Bodennebel 84  
 Braunsche Röhre 125  
 Brennweite 36  
 Brennweitenverlängerung 36  
 Brillenglas 74  
 Chitinschicht 120  
 Chlorophylleffekt 56, 70, 81, 84, 125, 128, 130  
 Choriodea 113  
 Chromatophoren 111  
 Daguerreotypien 91, 92, 93  
 Dermatologie 117  
 Desensibilisator 30  
 Dunkelblitz 106  
 Dunkelkammerbeleuchtung 24  
 Dunkelkammerschutzfilter 24, 30  
 Dunkelphotographie 102, 104, 113  
 Dunstschichten 69, 101, 102  
 Durchdringen von Wolken 82  
 Durchlässigkeit von lebendem Gewebe 110, 114  
 Ekzem 118  
 Elektromagnetische Wellen 9  
 Empfindlichkeit 21, 25  
 Empfindlichkeitsmaximum 17  
 Entenmuschel 122  
 Entwickeln 25  
 Entwickler 26, 27, 28, 29  
 Entwicklertemperatur 25  
 Entwicklungszeit 25  
 Entzifferungen 96  
 Einstellpunkt 36  
 Einstellung 37  
 Eisenglanz 126  
 Eisenschrank 23  
 Erzminerale 125  
 Fälschungen 97, 106, 108  
 Farbenempfindlichkeit 14, 15, 21

Färberei von Lampen 103  
Feinkornentwickler 22  
Feinstkornentwickler 22  
Fernaufnahmen 74  
Ferne 52, 69, 101  
Fernsichten 68, 69, 72, 73  
Filter 41, 42, 43, 44, 45, 55  
Fixieren 31  
Fliehkrebs 124  
Fokusdifferenz 36, 37, 121  
Fossilien 120, 128

Gamma 19, 25  
Gamma-Strahlung 10  
Gefäßveränderungen 120  
Gegenläufig 51, 75  
Gelb 51  
Gemäldeuntersuchungen 97  
Geographie 83  
Gesamtspektrum 9  
Glühende Körper 13  
Gradation 19, 83  
Grauer Himmel 51, 57  
Grauer Star 113  
Grauwerte 50, 77, 85  
Grün von Nadelbäumen 50

Halbarkt 23  
Hautvenen 113, 116  
Helllichtentwicklung 30, 31  
Hertzsche Wellen 10  
Holzkassetten 24  
Hornsubstanz 120

Infrarot 12, 13, 16  
Infrarot-Dunkelstrahler 13  
Infrarot-Hellstrahler 13  
Infrarot-Material 15, 16, 17, 21  
Infrarote Strahlen 12, 13, 14, 49, 78  
Inkohlung 130  
Interferenzbilder 126  
Iris 111

Kameras 35  
Kohlenoxyd im Blut 111  
Kontrast 25, 26  
Kopieren 58, 59, 60  
Korndurchmesser 22  
Körnigkeit 21, 22, 33  
Körperfarbe 12

Kosmische Strahlung 10  
Krebsforschung 120  
Kriminalistik 108  
Kryptocyaninplatten 84  
Kühlschrank 23  
Kunstlichtquellen 9

Laufzeiten 23  
Leitzahl 49  
Licht 9  
Lichtschutz 22  
Lichtquellen 13  
Luftaufnahmen 75, 83  
Luftbildkammer 102

Magenkarzinom 118  
Mamme 113  
Mammatumor 120  
Medizinische Aufnahmen 110  
Mikrophotographie 120  
Mikroskopierlampen 121  
Minerale 125  
Mittlicht 53  
Molybdänglanz 126  
Mondlichteffekt-Aufnahmen 55, 56, 60,  
65  
Muttermund 120

Nachkopieren 58  
Nebel 80, 81  
Nervenfasern 124  
Neu-Coccin 90  
Nordlicht 110  
Noxen 120

Objektive 35, 36, 39, 74, 121  
Opakminerale 126  
Operationspräparat 118  
Orthodromatische Schicht 14  
Orthopandromatische Schicht 14

Paläontologische Forschung 128  
Parasiten 125  
Pfeilwurm 123  
Photogrammetrie 100  
Pilze 125  
Psoriasis 118  
Punktlichtlampe 121  
Pupillendurchmesser 104, 113  
Pupillenveränderungen 113

Raketen 84  
Rapidentwickler 22  
Reflexionslichthof 22  
Refraktor 109  
Reproduktionen 91, 93, 94, 95, 97, 98  
Retina 113  
Retusche 85, 87, 97  
Rot 51  
Rötungen 87  
Rundfunkwellen 10

Schareinstellung 36, 37, 38, 77, 90, 95,  
121  
Schnitweite 36  
Schuhniederschläge 109  
Schwammparenchym 72  
Schwangerschaft 113  
Schwärzungskurve 19, 20  
Sektionspräparat 118  
Sensibilisierung 14, 16, 17  
Sensibilisierungsmaximum 17, 21  
Sichtbares Licht 9, 10, 11  
Silberkörper 21  
Silikgel 23  
Sklera 111  
Sonnenkorona-Gerät 109  
Spektralanalyse 126  
Spektrale Empfindlichkeit 17  
Spektralfarben 11, 12  
Spektren 110  
Spektrum des sichtbaren Lichtes 11, 12  
Spiegelobjektive 36  
Spiegelteleskop 36  
Strahlende Körper 13  
Streuung des Lichtes 78

Tankentwicklung 26  
Tätowierungen 109  
Täuschung 55  
Teleskop 109  
Tertiäre Pflanzenreste 130  
Textiluntersuchungen 127  
Thrombos 116  
Tonabstufung 50  
Trabekel 111  
Trocknung 33  
Trübe Medien 78  
Tumor 118  
Übersensibilisierung 33, 34  
Ultrarot-Strahlung 10, 12, 13  
Ultraviolet-Strahlung 10, 12  
Unendlichkeitsstellung 38, 40  
Unsensibilisierte Schicht 14  
Unsichtbare Strahlen 12  
Unterbrecherbad 31  
Varizen 113, 117  
Venen 114, 116, 117  
Vennennetz 113, 116  
Vergilzte Vorlagen 93, 94  
Verhaltensforschung 104  
Verlängerungsfaktoren 47, 48  
Vermessung 100  
Verstellwerte 38, 39, 40  
Vordergrund 52  
Wärmestrahlen 127  
Wässerung 32  
Weiße Wolken 50, 51, 54  
Wochenbett 113  
Woodeffekt 70  
Zellkern 123



**Praktica FX2**

24X36mm

Von der Fernaufnahme bis zum Makrophoto...

bebringt die bewährte Praktica neben alle Anlassab-  
mechancie. Dem technischen Fortschritt entsprechend,  
erhält diese einzigartige Kleinbild-Spiegelreflex einen  
formschönen und konstruktiv verbesserten Lichtschacht, der  
das neue und leistungsfähigere KW-Umkehrprisma in sich  
aufnehmen kann.

Auswechselbare Objektive, Schlitzeverschluß (1/10 bis 1/500 Sek.  
und B), einladende Arbeitsweise bei größer Zuverlässigkeit,  
sind auch weiterhin die Hauptmerkmale der Praktica. Über  
200000 dieser einzigartigen Spiegelreflexe, haben in mehr als 40  
Ländern bisher zufriedene Freunde gefunden.



**Agfa Infrarapid film 750**

**DER NEUE INFRAROT-FILM  
MIT GESTEIGERTER  
EMPFINDLICHKEIT**

**FÜR WISSENSCHAFT  
UND TECHNIK**

**FÜR DEN AMATEUR  
UND DIE KINETECHNIK**

**VEB FILMFABRIK AGFA WOLFEN**

### DIE FOTOGRAFIE

Zeitschrift für gestaltende und dokumentarische Fotografie.  
Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft.  
Umfang: 28 Seiten und 4 Seiten Umschlag.  
Format: DIN A 4. Preis je Heft DM 2,-.

### FOTO-FALTER

Monatsblätter für Freunde der Fotografie.  
Erscheinungsweise: monatlich 1 Heft.  
Umfang: 32 Seiten und 4 Seiten Umschlag.  
Format: DIN A 5. Preis je Heft DM 2,-.

### FILM FÜR ALLE

Zeitschrift für das Amateur-Filmschaffen.  
Erscheinungsweise: zweimonatlich 1 Heft.  
Umfang: 32 Seiten und 4 Seiten Umschlag.  
Format: 17×24 cm. Preis je Heft DM 1,-.  
Erscheint ab März 1956.

### FOTOTECHNISCHE RUND SCHAU IN WISSENSCHAFT UND PRAXIS

Eine technisch-wissenschaftliche Zeitschrift für Foto-Optik.  
Foto-Chemie und angewandte Fotografie.  
Erscheinungsweise: zweimonatlich 1 Heft.  
Umfang: 32 Seiten und 4 Seiten Umschlag.  
Format: DIN A 5. Preis je Heft DM 1,20.

### FOTOGRAFIK

Erscheinungsweise: vierteljährlich 1 Heft.  
Umfang: 16 Seiten und 4 Seiten Umschlag.  
Format: 24,5×31 cm. Preis je Heft DM 3,-.

Probehefte erhalten Sie direkt vom Verlag

VEB WILHELM KNAPP VERLAG · HALLE (SAALE)



Der tatsächliche Wert einer Kleinbild-Kamera liegt nicht allein



in ihrer technischen Vollkommenheit. Was z. B. die CONTAX F



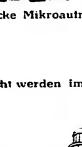
oder begehrenswert macht, ist ihr so ungewöhnlich reich-

haltiges Zubehör



wodurch diese Kamera praktisch alle Spezialgebiete der

Photographie erschließt. Ob Nah- oder Fernaufnahmen mit den ver-



schiedenen Brennweiten der Auswechselobjektive, ob für wissen-

schaftliche Zwecke Mikroaufnahmen oder



Reproduktionen für den

Betrieb gebraucht werden immer ist diese

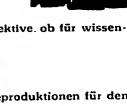


Spitzenkamera den

Aufgaben gewachsen.



VEB ZEISS IKON DRESDEN



## EXAKTA

### Makro- und Mikro-Fotografie

Von Georg Fiedler.

181 Seiten, 106 Abbildungen im Text, 29 Makro- und Mikroaufnahmen, 8 Farbbilder im Anhang. Leinen DM 9,60.

Unverkennbar ist das Bestreben, in Wissenschaft und Technik die Kamera in einem Umfang einzusetzen, der vor einigen Jahrzehnten noch nicht zu ahnen war. Dabei erhebt sich die Frage nach dem Kameratyp, der dem Wunsch nach universeller Anwendungsmöglichkeit am weitesten entgegenkommt und bei geringstem Aufwand optimale Ergebnisse liefert. Die bisherige Erfahrung und Entwicklung haben gelehrt, daß die einäugige Spiegelreflexkamera, wie sie in der EXAKTA Varex vorliegt, mit weitem Vorsprung herrscht. - Im Rahmen des vorliegenden Buches werden zwei der wissenschaftlichen und technischen Einsatzmöglichkeiten der EXAKTA von Diplom-Optiker Georg Fiedler, einem Jahrzehnte langen Praktiker auf diesen Gebieten, in der notwendigen Beschränkung auf das Wesentliche klar behandelt. Für den Leser ergibt sich daraus die Gewißheit, daß er im Buch nur exaktes Wissen aus eigener Erfahrung findet. Selbstverständlich geht es dabei nicht ohne theoretische Grundlagen ab. Der Verfasser hat aber stärksten Wert darauf gelegt, daß die Praxis den Vorrang behält. - Wissenschaftler und Techniker, aber auch Studenten fast aller Disziplinen werden in diesem Buch eine wichtige Hilfe und Anleitung für ihre Arbeit finden.

## FARBEN-FOTO-PRAXIS

### Handbuch der Farbenfotografie

Von Dr. Otto Watter.

176 Seiten. Mit 30 Abbildungen und 18 Farbtafeln. 2. Auflage 1956.  
Leinen DM 11,-.

Farbig fotografieren und nicht bunt ist der Wunschtraum vieler Fotofreunde. Der bekannte Fotolachmann und Agfa-Farbenspezialist Dr. Watter, der die Note seiner Fotofreunde kennt, hat es übernommen, in seiner „Farben-Foto-Praxis“ ein Lehr- und Handbuch zu schaffen, das der Farbenfotografie neue Freunde gewinnen wird. Denn in Abwandlung des bekannten Werbesatzes können wir heute mit Recht sagen: „Wer farbig fotografiert, hat mehr vom Leben.“

VEB WILHELM KNAPP VERLAG · HALLE (SAALE)

# Jenaer Rundschau

aus JENA

1



Jenaer Rundschau

VOL. 14, NO. 1

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
Ausgabe Blatt 6: VEB Carl Zeiss Jena zur Technik in Mess- und Präzisionsinstrumenten	1957
Zwei-Uhr-Uhrwerk mit Kalibrieruhr, in T 10 ist ein	1
Dr. Hens Martin Böhl, Wissenschaftlicher Mitarbeiter	1
Daten-Dokument-System	1
Rudolf Wendel, Leiter der Vier-Präzisions- und Projektionslinse und Kimme	1
Von der Zentral-Klimabühne im rra „Werra“, die hand-tastu-netzt	1
„Werra“ verleiht das Wissen	1
Walter H. Klemm, Dr. phil. oec. und Dr. iur.	1
Hans Meissner, Wissenschaftlicher Abteilungsleiter	1
Ernst Abbe und die Entwicklung zum Leichtmetallmikroskop	2
Zirkuszirkoskop im Urteil der Meisterschaft in Ronz: nologen	2
Rudolf Wenzl, Leiter der Verteilungsabteilung, „Profil“	2
Von der präzisionsmechanischen Entwicklung der Zirkuszirkoskop-Gläser	2
Walter H. Klemm	3
110 Jahre Carl Zeiss Jena	3
VEB Carl Zeiss Jena und seine Entwicklung in 1953	2
Zirkuszirkoskop mit dem ersten Zirkuszirkoskop	2
Zirkuszirkoskop funktioniert auf dem „Dampf-Wasser“	2
Carl Zeiss willkürlich	2
Ein Brief aus London	2
Prof. Hofmann über das Zirkuszirkoskop	2
Unterbrechung	3
Uhrschwinger-System	3
„Fokus“	3

Das „JENAER JAHRBUCH“  
von der wissenschaftlichen Arbeit  
des VEB Carl Zeiss JENA

Fortschritte aus Nr. 2/1956

Inhaltsverzeichnis Jahrbuch 1954 I. A. Senn: I. Über die chromatische Korrektion der 2- und 3-linsigen Fernsehchromatoren für die Verteilungssysteme der Fernsehempfänger und Fernsehprojektoren. B. Grundzüge der Chromatographie. Ein Beitrag zum Lupenproblem unter besonderer Berücksichtigung die in der Praxis bevorzugten monochromatischen Wellenlängen. W. Döpke: Die chemische Analyse von Katalytika. Eine Übersicht. K. Schubert: Die Anwendung der Röntgenkristallmethode in der Röntgenkristallographie. D. S. Ladd: Die Korrektion des axialen Astigmatismus in der Röntgenkristallographie. E. L. Lippmann: Die Untersuchung der durchsetzten Metallchloride. W. Falta: Photometrische und kinetometrische Untersuchungen an photographischen Papieren verschiedener Hersteller. H. Hildebrand und H. G. Oehlmann: Die Untersuchung der Gummizähmung in verschiedenen Anwendungsbereichen der Kautschukproduktion. J. Jäsch: Über eine Methode und einen Gerät zur

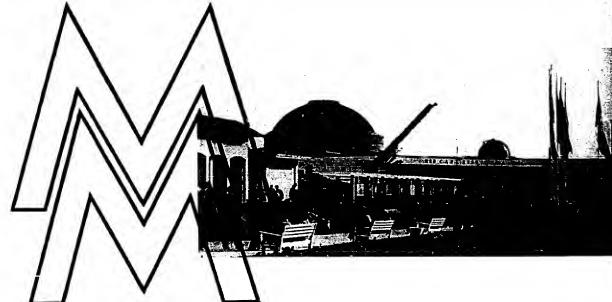
Mitsung: o. - Täumt ein Mensch? - H. Tristam, 1954  
 Anwendung des Ultrahochauflösungsteleskops zu  
 Prüfung und Orientierung von Quersätzen  
 der Körnerzellen. H. Tristam, 1954  
 Untersuchungen mit dem Nuklear- und Protonen-  
 lichtstrahlungsteleskop. H. Hausslein, 1954  
 Alle mit dem Ultrahochauflösungs-  
 teleskop.  
 über das Krautfeld, 1954

Zwei Vorträge zu: **Wahrnehmung** (B. Ziegler, 1954)

Über die Wahrnehmung von Geometrischen Figuren  
 und Formen. B. Ziegler, 1954  
 Anwendung der Kriterien der Wahrnehmung  
 für die Objekt- und Raumwahrnehmung.  
 Speziell mit dem 1000-fachem Ultrahochauflösungs-  
 teleskop mit 5 und 1000 Bildauflösung, die  
 Schmetterlings- und Elsenschwanz- und -flügel-  
 und -kopfstrukturen untersucht.  
 im Schmidt-Teleskop, T. H. Wahrnehmung  
 von Formen. O. W. Lange, 1954  
 Das Objekt- und Raumwahrnehmungssystem  
 der Insekten. O. W. Lange, 1954

Alle in den 1000-fachem Ultrahochauflösungs-  
 teleskop. In der 1000-fachem Auflösung.  
 Einzeln. Über die Wahrnehmung von Zahlen  
 und Formen. B. Ziegler, 1954  
 Ein und Einfluß der Lichtintensität im Be-  
 trachtungsfeld auf die Wahrnehmung  
 geometrischer Objekte. R. Tristam, 1954  
 Wahrnehmung der Körnerzellen. Wahrneh-  
 mung der Körnerzellen. Wahrnehmung  
 der Körnerzellen. Wahrnehmung der Körnerzellen.  
 Über die Gute der Probenkennzeichnung. H. Pohl, 1954  
 Über die Lichtdurchdringung durch M. Stellmach  
 und G. Borlach, 1954  
 Phasenuntersuchungen an Pflanzen. H. Pohl, 1954  
 W. Falke, Zusatzbericht für Lichtschwärme, 1954

thermoelektrische Spektralphotometrie mit dem Zeiss-Spiegelmonochromator: G. Becker u. G. Klemm, *Anal Chem* 20:



Ausstellung des VEB Carl Zeiss JENA

## Ausstellung des VEB Carl Zeiss

Zur Leipziger Messe (mit Technischer Messe) vom 3. März bis gestellt, daneben die Projektions- und Kinogeräte und das

14. März 1957, die mehr als je Ort und Gelegenheit der Begegnungen und des Gedanken- und Erfahrungsaustauschs von Elektronenmikroskop. In der **Kuppel des Zeiss-Pavillons** veranstalten wir Vorführungen des Klein-Planetariums.

Wissenschaftlern, Technikern und Kaufleuten aus aller Welt, insbesondere aber Zentrum des Vergleichs des technischen

Standes und der Leistungsfähigkeit der Industrien und Wirtschafts-  
vieler Völker sein wird, bereitet unserer Werk zur Zeit  
mit Sorgfalt die große Ausstellung seiner Erzeugnisse vor.

Die Zeiss-Erzeugnisse werden in Halle 15X auf dem Gelände  
der Technischen Messe auf 850 m<sup>2</sup> Ausstellungsfäche und im  
Zeiss-Pavillon, der unmittelbar an Halle 15X anschließt, auf  
880 m<sup>2</sup> Ausstellungsfäche gezeigt und demonstriert. Im  
Zentral-Messepalast werden Schau- und Lehr- und Lernmittel  
unserer Gerätelerzeugung gezeigt werden. Wenn auch auf  
1830 m<sup>2</sup> Ausstellungsfäche nicht unter gesamtes Fertigungs-  
programm zur Messung und Prüfung gediegt werden  
kann, so wird unsere Messerausstellung und Prüfung jedem um-  
fassend und ausführlich gezeigt werden.

Ausstellung der Lehr- und Lehrmittel der Zeiss-Fabrik am  
15. August.

Die **Zeiss-Pavillon** werden die hochwertigsten mechanischen, optischen, optisch-mechanischen, Zeiss-Feinmechanik-Geräte, aus- elemente, Sekundärelektronenvervielfacher, Thermoelemente usw.

Regelung und Kontrolle der praktischen Arbeit verwirklicht, mit dem Carl Zeiss vom ersten Tag an seine Werkstätte zu einer „hohen Schule subtiler Technik“ mache. Nur so können die dauernd steigenden Anforderungen an höchste Qualität und Funktion unserer Geräte und nach neuen Geräten für immer neue Anwendungsbereiche erfüllt werden.

Die Ausstellung der Zeiss-Geräte auf der Leipziger Frühjahrsmesse wird erneut bestätigen, wie erneut festen, wiedergängig und zuverlässig sie für den wissenschaftlichen und technischen Fortschritt haben. In wie hohem Maße Zeiss-Geräte Voraussetzungen moderner Schaffens in Forschung und Technik, welcher entscheidende Beitrag sie für die Modernisierung, Mechanisierung und Automatisierung der neuzeitlichen Industrie, z. B. für noch wirkungsvollere Maß- und Prüfverfahren sind, das werden diese Geräte selbst auf der Messe ausstellung in Leipzig zeigen, das werden die Voraussetzungen des technischen, optisch-technischen Feinmechanikers und die physikalisch-optischen Maßgeräte zeigen. Die Ausstellung aller anderen wissenschaftlich-technischen Gerätegruppen und Geräte wird ebenso klarmachen, daß es ohne sie auf vielen Gebieten moderner Forschung, Entwicklung und Technik ergebnisreiches Schaffen nicht geben kann.

Beweise und Zeugnisse des hohen Rangs der Zeiss-Fertigung,

werden auch die ausgestellten Zeiss-Feldstecher, Zeiss-Photobjektive erneut höchste Aufmerksamkeit und starken Kaufinteresse unserer Messebesucher finden. Noch immer sind „Zeiss-Feldstecher die besten der Welt. Sie werden fortgesetzt in ihrer Qualität und Leistung vervollkommen und modernisiert. Und so auch die Zeiss-Objektive, die sich

bis heute unbestritten ihren Weltruf erhalten und immer wieder neu erworben haben. Ihre große Zahl von Typen für alle Zwecke der Photographie wurde um neue bereichert, die in Leipzig erstmals gezeigt werden.

Es ist das Bestreben unseres Werkes, durch entsprechende Gestaltung der Ausstellung seiner Geräte auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1957 die entsprechenden Voraussetzungen für die Ausstellung zu schaffen, durch eingehendes Studium und gründliches Vergleichen sich davon zu überzeugen, daß es das immer neue und große Bemühen des Werkes ist, in seinem ganzen Geräteschaffen das Weltmeister der Technik zu erreichen, zu halten und ihm voraus zu sein. Die Ausstellung wird von den Wissenschaftlern und Kaufleuten, von den Konstrukteuren und Ingenieuren des Zeiss-Werkes als die große Gelegenheit zu intensivem Gedanken, Erfahrungsaustausch mit dem Interessenten und dem Benutzer der Zeiss-Gerätebauten und genutzt werden. Es würde für sie höchstens Gewinn der Messe-Ausstellung sein, wenn sie von den Besuchern aus allen Ländern der Welt kritische Hinweise, Anregungen, neue Wünsche für ihr künftiges wissenschaftliches, konstruktives, fertigungstechnisches Geräteschaffen und für die Grundsätze und Praxis des Vertriebs der Zeiss-Erzeugnisse empfangen könnten. Viele unserer wissenschaftlichen, technischen und kaufmännischen Berufe haben schon in den letzten Jahren Fragen, Hinweise und Wünschen zur Beantwortung zur Verfügung zu stehen. Es würde ihnen große Freude und Ehre sein, recht viele interessente, Kunden, Benutzer und Freunde unserer Geräte in unserer Messe-Ausstellung begrüßen zu dürfen.

Jo

stellen. Ein besonders eindrucksvolles Beispiel ist in Bild 3 dargestellt. Dieses Spektrum entsteht durch die Grundsierung des Wasserstoffatoms gegen das Chloratom im hexagonalen HCl-Molekül, überlagert von den gekennzeichneten Rotationszuständen.

Ultrarotspektrophotometer werden eingesetzt zur qualitativen und quantitativen Analyse organischer Substanzen und zur Erforschung ihrer Molekülstruktur. Ihre Anwendungsbereiche liegen in der organisch-chemischen Industrie und

und weitgehende Anpassungsfähigkeit an extreme Anforderungen. Diese Forderungen bestimmen weitgehend die zu wählende Meßmethode sowie den optischen, elektrischen und mechanischen Aufbau.

Das UR 10 des VEB Carl Zeiss JENA arbeitet nach dem bewährten Zweistrahl-Wechselseitverfahren mit optimalem Nullabgleich (Bild 5). Die rechte Bildhälfte stellt den Reglkreis dar. Die Stellung der schematisch als Keil dargestellten Kompressionsblende entspricht der Durchlässigkeit der

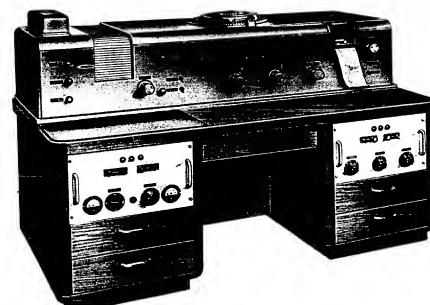


Bild 1: Registrierendes Ultraviolet-Spektrophotometer UR 10 des VEB Carl Zeiss JENA

## Ultrarot-Spektrophotometer UR 10 aus Jena

Hans-Martin Bötz

Noch vor einigen Jahrzehnten ließen sich recht scharfe Grenzen zwischen den verschiedenen Disziplinen der exakten Naturwissenschaften ziehen. Die forststreichende Erkenntnis hat diese Grenzen durchbrochen. Das gilt im besonderen Maße von der Physik und Chemie. So nehmen physikalische, insbesondere optische Untersuchungsmethoden, einen wichtigen Platz in unserer Laboratorium ein.

Die jüngste Entwicklung auf diesem Gebiet stellt die Einheit der Ultrarotspektroskopie (bzw. in Anlehnung an fremdsprachliche Bezeichnungen auch Infrarotspektroskopie) dar. Sie hat im Laboratorium des organischen Chemikers dieselbe Bedeutung wie die Emissionspektroskopie im Metall-Labor und ist, ergänzt durch die Ramananalyse, die wichtigste optische Meßmethode der organischen Chemie. Obwohl die Pioniere der Ultrarotspektroskopie bereits weit zurück sind, so daß die entsprechende Theorie bis jetzt nicht in dem Maße zur Anwendung gelangt, wie beispielsweise in den USA. Der Grund ist darin zu suchen, daß in den USA und auch in England seit etwa zehn Jahren Geräte für die Ultrarotspektroskopie von hoher technischer Vollkommenheit

industriell hergestellt und heute schon zu mehreren tausend Stück eingesetzt werden. Mit der Konstruktion des UR 10 im VEB Carl Zeiss JENA ist dieser Entwicklungsvorsprung des Auslandes aufgeholt worden. Bild 1.

Die Bedeutung der UR-Spektroskopie liegt darin, daß jedes chemische Gitter (eine einfache Gas wie z. B. Sauerstoff, Stickstoff, die Edelgase u. a. ausgenommen) ein für die charakteristisches Absorptionspektrum im ultravioletten Spektralbereich hat. Das Ultrarotspektrogramm ist demnach ein Kurvenzug, der die prozentuale Durchlässigkeit der Substanz als Funktion der Wellenlänge darstellt. Bild 2 zeigt an einem einfachen Beispiel, wie Anzahl der Substituenten und Art der Anlagerung an den Benzolring das Spektrum verändert. Die Absorptionskurve ist in Bild 3 dargestellt, daß das Benzol ein schwungsfähiges Gebilde mit diskreten Eigenfrequenzen ist, deren Werte durch die Massen und Bindungskräfte der schwingenden Teilchen bestimmt. Fällt nun Strahlung aller Frequenzen auf ein solches Molekül, so werden daraus die Eigenfrequenzen des Moleküls absorbiert, und erscheinen in der durchgelassenen Strahlung als Absorptions-

Forschung, in der pharmazeutischen Industrie, in der Pharmakologie, in der Erdöl- und Kunststoffindustrie, in der medizinischen, biologischen und bakteriologischen Forschung und in der Kriminalistik. Methodisch zeichnet sich die UR-Spektroskopie vor anderen Analysenmethoden aus durch geringen Substanzbedarf, Rückgewinnung des untersuchten Untersuchungsstoffes, die geringe Zeitaufwand und durch die Fähigkeit der qualitativen und quantitativen Art, die in einem Spektrogramm stecken.

Von einem modernen UR-Spektrophotometer verlangt man außer hoher Genauigkeit: Automatisierung, einfache Bedie-

nung und weitgehende Anpassungsfähigkeit an extreme Anforderungen. Diese Forderungen bestimmen weitgehend die zu wählende Meßmethode sowie den optischen, elektrischen und mechanischen Aufbau.

Das UR 10 des VEB Carl Zeiss JENA arbeitet nach dem bewährten Zweistrahl-Wechselseitverfahren mit optimalem Nullabgleich (Bild 5). Die rechte Bildhälfte stellt den Reglkreis dar. Die Stellung der schematisch als Keil dargestellten Kompressionsblende entspricht der Durchlässigkeit der

geworden. Der Monochromat arbeitet nach dem Littrow-Prinzip: Da Prismen zwangsläufig durchsetzt und die Spiegelkette entsteht in der Ebene des Austrittspaltes 12. Durch Drehen des Littrowspiegels 11 wandert es über den Spalt. Um eine lineare Aufzeichnung der Wellenlänge zu erzielen, wird der Spiegel 11 nicht mit konstanter Winkelgeschwindigkeit gedreht, sondern wird entsprechend dem Verlauf des Prismenweges entsprechend gelenkt und mit höchster Geschwindigkeit kontinuierlich gesteuert. Die spektral erzeugte Strahlung fällt auf den Strahlungsempfänger 13, ein Zeits-thermometer. Die Thermospannung wird im elektronischen Verstärker 14 sowie verstärkt, daß über ein elektromagnetisches Wendegetriebe unter Mitwirkung eines synchron mit dem Plodiumspiegel 14 laufenden kontaktgesteuerten Phasendetektors 15 die Wellenlängen des Strahlungsempfängers 13 abgeschaut. Dies ist der Blende 5 den optischen Strahlungswegen beigegeben. Dies ist der Gelegkeits gegeben. Seine Zeitkonstante ist für die Aufzeichnung des Gitters von großer Bedeutung, sie ist daher mit mechanischen und elektronischen Mitteln in weiten Grenzen verstellbar.

Von den groben Antzahlen interessanter und neuartiger technischer Einzelheiten können hier nur einige näher beschrieben werden. Als Abbildungselemente, eine Linse aus Kaliumbromid ausgenommen, sind oberflächenbelagierte Spiegel mit einer harten, im UR aber nicht absorbierenden Schutzschicht, Glas oder Quarz, scheiden als Bauelemente völlig aus, Leistung eines Prismas ist nun aber sein Auflösungsvermögen, das außer von der Basislänge von der Dispersion des Materials abhängt. Bild 6 zeigt, daß Stahlzinalz im Gebrauch bei  $d = 6$   $\mu$  nur eine sehr geringe Dispersion und damit auch nur ein schlechtes Auflösungsvermögen hat. Es wird um das 3-b-Fach übertragen von Lithiumfluorid. Die Verwendung einer

da diese Substanzen nur bis etwa  $3 \mu$  Wellenlänge durchlässig sind.

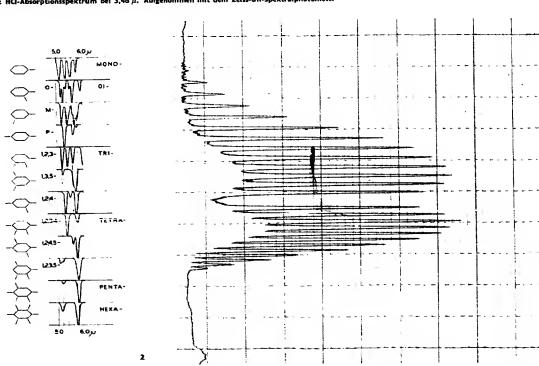
Die Präsentation wird aus 3D-gedruckten, handwerklich hergestellten, synthetischen Kristallen bestehen. Diese drei Prismen sind auf dem gemeinsamen Präsentiersteller 10 montiert. Nach Ablauf des Arbeitszeitraums einer Prisms wird automatisch innerhalb einiger Sekunden das nächste Prisma eingeschwenkt. Dieser automatische Prismenwechsler bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber der in anderen Geräten vorgesehene Möglichkeit, die Prismen einzeln zu wechseln. Dazu gehören: die schnelle Wechselzeit, die Fähigkeit der Drehung, die Beschädigung und des Beschädigen der hyperspektroskopischen Prismen. Es entfällt auch die Vartezeit von 30 Minuten für das Temperieren der Prismen nach Einfügen in das Wärmegerät. Alle diese Unzulänglichkeiten haben dazu geführt, daß bisher fast alle Spektrogramme mit dem Steinhalzprisma aufgenommen wurden.

Journal of Health Politics, Policy and Law, Vol. 30, No. 4, December 2005  
DOI 10.1215/03616878-30-4 © 2005 by the Southern Political Science Association

**Lif-Prismas** liegt daher auf der Hand, ist aber in einem monatigen Gerät nur dann zweckmäßig, wenn die Prismen automatisch gewechselt werden. Die geringe Dispersion von NaCl im Gebiet von  $2.6 \pm 0.1$  nm Folge der geringen Dispersion bereichert das System um einiges, nicht herangezogen werden kann. Aufnahmen mit dem Lif-Prisma versprechen neue Erkenntnisse und erweitern dieses Gebiet praktisch überhaupt erst der UV-Spektrioskope. Bild 7 belebt überzeugend das höhere Auflösungsvermögen des Lithiumfluorid-prismas. Das dritte im UR verwendete Prisma besteht aus Kaliumbromid. Sein Spektralbereich erstreckt sich bis  $25 \mu\text{m}$ . Hier liegen wichtige Schlüsselbanden der Aromaten. Auch dieser Spektralbereich ist aus den oben genannten apparativen Gründen unbrauchbar und bedeutungslos. Es ist zu erwarten, daß eine Reihe von Substanzen, die im Steinzeigband interessante Banden haben, im Kaliumbromid-prismabereiche Aparatbanden aufweisen. Und eben diese Zeitkonstante kann nicht beliebig herabgesetzt werden. Die ultrarote Spektralbereiche der Moleküle zur Verfügung stehende Raumausdehnung ist außerordentlich klein. Es liegt in den meisten Fällen in der Größenordnung des sogenannten Rauchens des Strahlungsmagnetzängers, einer Stärkespannung, die ihre Ursache in den statischen Schwingungskurven der Moleküle und Elektronen hat und die u. a. umgekehrt proportional der Wurzel aus der Zeitkonstante der Anzeigesysteme ist. Die Stärkespannung kann also vermindert, das Signal zu Rausch-Verhältnis verbessert und damit die Genauigkeit der Vermessung erhöht werden, wenn eine Anzeigesysteme über einen längeren Zeitraum registriert werden, damit infolge der Trägheit des Anzeigesystems Einzelheiten des Spektrums nicht „übersehen“ werden. Hohe Genauigkeit ergibt also langsame Registrierung, formelmäßig

bereich getrennten Arbeitsabläufen aufweisen. Außerdem durch das Auflösungsvermögen wird die Leistung eines Spektralphotometers bestimmt, die die Zeit, die zur Aufnahme eines Spektrums benötigt. In großen Industrieanlagen kann es fallen, solch große Untersuchungen durchzuführen, an, daß sie nur bewältigt werden können, wenn ein wohldurchdachter Ablauf von Substanzeinbringung, Spektralaufnahme und Auswertung ein pausenloses Arbeiten des Gerätes gewährleistet und wenn vor allem das Gerät selbst so konstruiert ist, daß es schnelles Registrieren erlaubt und keine langen Rücklauf- oder Einstellzeiten benötigt. Auf diesen Punkt wurde bei der Konstruktion des UR 10 ganz besonderer Wert gelegt.

Um die Zeit, die zur Aufnahme eines Spektrums benötigt, zu bestimmen, mußte eine spezielle Registrierung, d. h. eine Registrierung, die mit  $G = \text{konst.}$  und  $R = \text{Registriergeschwindigkeit}$  durchgeführt wird. Die Differenz nach hoher Genauigkeit und hoher Registriergeschwindigkeit ist also nicht gleichzeitig in beliebigem Maße füllbar. Im UR 10 wurde daher ein anderer Weg beschritten, um die Zeit für die Aufnahme des Spektrums abzuschätzen. Es ist nämlich durchaus nicht notwendig, die Genauigkeit der Aufzeichnung über den gesamten registrierten Spektralbereich konstant zu halten. In einem Spektrum gibt es „leere“ Stellen, also Teile ohne oder mit sehr unscharfen Absorptionsstufen, wo die Genauigkeit der Aufzeichnung weit herabgesetzt und die Registriergeschwindigkeit entsprechend erhöht werden kann.



Registriergeschwindigkeit ein, der Verzögerer stellt dann während des Durchgangs des Spektrums die Registriergeschwindigkeit selbsttätig jeweils auf den optimalen Wert ein. Damit wird die Zeit für die Aufnahme eines Spektrogramms ohne Einbuße an effektiver Genauigkeit auf 1 bis 2 % herabgesetzt. Das bedeutet bei einem Registriertakt von 10 Verzögerer von 30 bis 60 Sekunden eine erhebliche Zeitgewinn.

Bei den chemischen Betrieben oft anfallenden Serienaufnahmen ähnlicher Substanzen und bei Reihenuntersuchungen werden meist nur einige Absorptionsstellen des ganzen Spektrums zur Analyse benutzt. Es genügt also auch, nur diese Stellen zu registrieren. Das wird durch den etwa hundertteiligen Programmähnler erreicht. Die nicht interessierenden Zwischenstellen des Spektrums werden in wenigen Sekunden durchfahren, ohne registriert zu werden.

Nach Ablauf einer vollständigen Registrierung steht das Gerät wieder in seiner Ausgangsstellung. Zeitverlust durch einen Rücklauf entsteht nicht.

Es ist jedoch — auch während einer Registrierung — möglich, in wenigen Sekunden das Gerät mit dem „Schwellgang“ ohne Registrierung auf eine beliebige Wellenlänge einzustellen. Der Schwellgang läßt sich in beide Richtungen betätigen, so daß also eine soeben registrierte Stelle sofort wiederholt werden kann.

Mit Verzögerer, Programmähnler und Schnellangriff sind alle Voraussetzungen geschaffen, um schnell, jedoch ohne Einbuße an Genauigkeit, Spektrogramme aufzunehmen.

Außer hoher Genauigkeit in der Anzeige der Durchlässigkeitswerte ist das Auflösungsvermögen eines Spektralphotometers von Bedeutung. Man versteht darunter die Fähigkeit des Spektralphotometers, alle Absorptionsstellen noch getrennt wiederzugeben. Das Auflösungsvermögen ist in gewissen Grenzen etwa umgekehrt proportional der Spaltbreite des Monochromators. Von der Spaltbreite ist aber auch die aus dem Monochromator austretende Strahlungsleistung und damit das für die Bettiung des Regelkreises verfügbare Signal abhängig. Wie wir oben gesehen haben, ist andererseits

von der Höhe des Signal- zu Rausch-Verhältnisses die Genauigkeit (Ablesegenaugigkeit, Schreibruhe) abhängig. Hier ergibt sich also eine erneute Alternative: Höheres Auflösungsvermögen bedeutet bei sonst konstant gehaltenen Parametern eine geringere Leistung, was wiederum für die Leistung einer registrierenden Wechsellicht-Spektralphotometers maßgeblichen Größen, Auflösungsvermögen A, Genauigkeit G (Signal- zu Rausch-Verhältnis) und Registriergeschwindigkeit  $\alpha$  (formell  $A \cdot G \cdot R = \text{const.}$ ) zusammen, so ergibt sich nach Luft (2)

Obwohl die Exponenten dieser Beziehung nur als Näherungswerte zu betrachten sind, gibt sie doch einen guten Einblick in die Zusammenhänge. Damit wird auch klar, daß die Spaltbreite, die dem Auflösungsvermögen A in gewissen Bereichen proportional ist, und die Registriergeschwindigkeit in einem sinnvollen Verhältnis stehen und daß beide in weiten Grenzen veränderlich sein müssen. In UR 10 läßt sich die Registriergeschwindigkeit im Verhältnis 1:100 der Spaltbreite im Verhältnis 1:4 verstellen. Damit kann die Auslösungsweise des Gerätes den gesetzlichen Anforderungen an Auflösungsvermögen und Registriergeschwindigkeit gerecht werden.

Das Spektrum wird von einem eingebauten Schreibwerk eigener Konstruktion aufgezeichnet. Es wird auf unbedrucktem Wachstuchpapier 100 mm genutzter Breite geschrieben. Da die Reproduzierbarkeit der Durchlässigkeitsangabe einige zehntel Prozent, entsprechend einigen zehntel Millimetern auf dem Papier beträgt, ist der Grundatz gewahrt, daß die Ablesegenaugigkeit nicht weniger als gleich die Maßgenauigkeit sein darf. Die auf den durchsichtigen Überstreichen des Papierbogens stehenden oft eine leere Vergrößerung dar und schaffen eine nicht immer vorhandene Genauigkeit vor. Großer Wert bei der Entwicklung des Schreibwerks wurde jedoch darauf gelegt, daß die im optischen, elektrischen und mechanischen Teil erzielte hohe Genauigkeit bis zur Aufzeichnung erhalten bleibt. Bei vorgedrucktem Registrierpapier besteht besonders bei Bandschreibern die Gefahr, daß infolge Schrumpfen des Papiers, nicht geraden oder unregel-

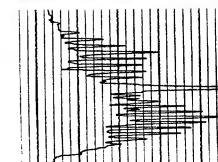
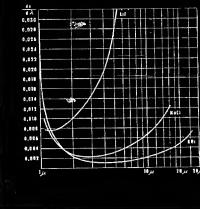


Bild 6: Dispersion von Lithiumfluorid, Steinsalz und Kaliumbromid • Bild 7: Ultraviolettspektrum von Ammoniak bei 3 μ. Rechts oben mit Steinsalz, links unten mit Lithiumfluoridprisma aufgenommen. In beiden Fällen gleiche Registriergeschwindigkeit. (Koordinatenlinien durch die Reproduktion verbreitert)

maßigen Ablaufs oder ungenauen Einlegens die registrierten Werte mit dem Verdacht nicht übereinstimmen. In der UR 10 wird daher unbedrucktes Papier eingelegt und die Abszissenstellung (Wellenlänge, in Richtung des Papierablaufs) und die Ordinatenstellung und deren Bezeichnung (Durchlässigkeitsprozente, Papierbreite) vom Schreibwerk selbst aufgezeichnet. Das Koordinatensystem steht also mit dem Schreibwerk und dadurch mit dem Schreibstift in fester Lagebedienung. Außerdem ist die Genauigkeit der Abszissenstellung so groß, daß auch während einer laufenden Registrierung das Papier vorwärts und damit der Aufzeichnungsrhythmus, d.h. der Verzögerer, kann, ohne daß neue Vordrucke eingelegt werden müssen. Die im Ultrarot durchlässigen Prismen bestehen aus Steinsalz und Kaliumbromid. Diese Substanzen sind hydrolytisch, das polierte Flächen an freier Luft in wenigen Stunden beschlagen und in einigen Tagen völlig unbrauchbar werden. Der Monochromatorraum ist daher luftdicht abgedichtet. Eine eingebogene Röhre ist so angeordnet, daß die eingeschlossene Luftwärme sie entzündet und hält die Gerüsttemperatur konstant auf 35°C. Der recht bedeutende Temperaturkoeffizient der Brechzahl der Prismen bleibt damit ohne Einfluß auf die Genauigkeit der Wellenlängenanziege.

Auf die große Zahl der Probleme optischer und elektronischer Art kann in diesen kurzen Aufsatz nicht eingegangen werden.

(3) Auch eine ganze Reihe automatischer Einrichtungen wurde nicht besprochen.

Wer einmal ein Ultraviolettspektrum nach dem alten Ausschlagsverfahren durch punktweises Ausmessen des Spektrums gewonnen hat, weiß die Vorteile eines automatischen und registrierenden Gerätes zu schätzen. Waren doch dazu ein- bis zweitausend Einzelablesungen an einem höchstens 1000 cm⁻¹ breiten Galvanometer in einem Kasten aufgezeichnet, so empfindlich der Lichtquelle und gegen ausgebündelnde Inkonstanz der Lichtquelle. Und gegen aufwendige, mühsame Arbeit aufgenommen wurde, wird heute in einer Stunde registriert. Dabei geht die Automatisierung so weit, daß nach Einstellen der gewünschten Aufnahmbedingungen das Gerät ohne jede weitere Bedienung das Spektrum aufnimmt, sich danach selbsttätig abschaltet und ein akustisches Signal gibt. So können während eines aufwändigen Arbeitstages zehn bis zwanzig Spektrogramme aufgenommen werden. Gegenüber der Registrierpapier selbst ist die Zeit für die Wiederaufzeichnung der Substanzen und das Füllen und Reinigen der Kuvetten nicht zu vernachlässigen. Die Auswertung der Registrierstreifen nimmt — Serienuntersuchungen ausgenommen — weit mehr Zeit als die Registrierung in Anspruch. Hierfür setzen sich maschinelle Hilfsmittel durch, so Hollerith-maschinen für die Katalysierung und Identifizierung von Spektren und automatische Rechenanlagen für die Auflösung von Gleichungssystemen der Wellenlängenanalyse. Auch die Ultraviolettspektroskopie ist kein Zaubermittel. In einem modernen Labor hat sie ihren sinnvollen Platz neben den

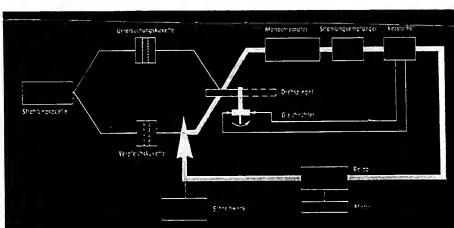


Bild 4: Blockschema des UR 10

selbstverständlich unersetzbar sind rein chemischen Methoden, neben der Raman-Spektroskopie und der Massenspektrometrie.

Das Zeiss-Ultrarot-Spektrophotometer UR 10 ist das am weitesten automatisierte Gerät seiner Gattung auf dem Weltmarkt. Seine Aufstellung ist volkswirtschaftlich nur vertretbar in einem Labor mit wohlgedachtem Arbeitsablauf und qualifizierten Mitarbeitern, damit es unter Ausnutzung aller seiner Möglichkeiten pausenlos eingesetzt werden kann. Auch hier bedeutet Automatisierung nicht Ersatz des Menschen, sondern Entlastung von primitiven zugunsten anspruchsvoller Arbeiten.

(Dieser Beitrag wurde als Erstdruck in Nr. 7/1956 der Zeitschrift „Die Technik“, VEB Verlag Technik, Berlin W 8, veröffentlicht.)

#### Literatur:

Zusammenfassend: W. Brügel, Einführung in die Ultrarotspektroskopie, Darmstadt 1954.  
 (1) R. C. Young, R. B. Du Vall, N. Wright, Anal. Chem. **23**, 1251 (1951).  
 (2) K. F. Lüft, Angew. Chemie **61** (1947).  
 (3) H. M. Bolz, Bericht Arbeitstagung „Angewandte Physik“ Akadem. Verlagsgesellschaft, 1955, S. 65—68.

## Zeiss-Dokumator-System

Rudolf Wendel

Die für alle Wissenschaftsgebiete vorhandene und ständig wachsende Literatur erfordert zu ihrer Erfassung und methodischen Auswertung eine einprägsame, den zustellenden Aufgaben entsprechende material- und räumsparende Lösung. Zum Beispiel ist es notwendig, daß Dokumente aller Art, wie Bücher, Zeitschriften, Normblätter, Zeichnungen, Abbildungen und anderes Material gesammelt und geordnet werden, um diese vervielfältigt bei möglichst geringem Raumbedarf auf Anforderung zur Verfügung stellen zu können. Die folgerige Lösung dieser Aufgabe für die Erfassung und der methodische Auswertung der Dokumente ist die Herstellung von technisch anwendbaren Mikrobildern, d. h. der verlustfreien Wiedergabe von Schrift- und Bildgut auf photographischem Wege. Die hochwertigen optischen Systeme und die modernen Emulsionen bilden die Voraussetzung hierfür. Als Träger des Mikrobilds wird vor allem der Film 35 mm verwendet (Dokumentenfilm). Wird er in Rollenform benutzt, hält ihm eine gewisse Unhandlichkeit an. Ein relativ kurzer Strom erfordert mehrere Wechseln, um einen so langen Strom nicht genügend konsistent ist, um ihn in Schutztaschen einzulegen. Der Zehnerstreifen des Dokumator-Systems erfüllt diese Forderung. Damit basiert das Dokumator-System auf einer Zehner- bzw. Fünferteilung je Filmstreifen. Diese Teilung ist markant für dieses System und stellt eine in der Praxis bewährte Lösung dar.

Das Dokumator-System, auf Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit aufgebaut, umfaßt folgende zur Dokumentation erforderliche Geräte:  
 Dokument-Aufnahmegerät DA II (DIN A 6 bis DIN B 3), Dokument-Aufnahmegerät DA IV (DIN A 6 bis DIN A 1), Dokumator-Lesegerät, Dokumator-Mikrobuch.

Mit diesen Geräten und Zusatzeinheiten ist die Lösung aller von der Praxis gestellten Aufgaben möglich, insbesondere erfüllen sie folgende drei Forderungen, die im wesentlichen das Kernproblem der modernen Dokumentation bilden.

#### 1. Schrift- und Bildgut auf Dokumentenfilm zu reproduzieren:

2. den gewonnenen Film auf engstem Raum zu archivieren;  
 3. und ihn rationell auszuwerten: Dokumator-Lesegerät.

#### Dokument-Aufnahmegerät DA II (Bild 1).

Diese auf 35-mm-Dokumentenfilm reproduzierende Universalgerät wird für nahezu alle in der Praxis vorkommenden Arbeiten verwendet. Seine solide Ausführung entspricht allen gestellten Anforderungen. Es bewährt sich vor allem dort, wo schnelles Arbeiten erforderlich ist. Bei maximaler Belastung beträgt die Aufnahmekapazität bis zu 400 bis 450 Aufnahmen pro Stunde. Die Bedienung des Gerätes ist einfach und kann in kurzer Zeit — auch ohne technische Vorkenntnisse — erlernt werden.

Die Aufnahmekamera — mit einem Spezial-Objektiv Dokument-Aufnahmegerät DA II (Dokument-Aufnahmegerät DA II) — ist für Aufnahmen im Bildmaßstab 17 : 24 auf die Vitrinen der DIN-Formate A 6 bis B 3 auf perforiertem Dokumentenfilm 35 mm.

An der Kamera befinden sich Auf- und Abwickelkassette für je 50 m Film, der z. B. für die Aufnahme von ca. 4800 Buchseiten DIN A 5 ausreicht. Doppelbelichtungen werden von einer eingebauten Sperrvorrichtung verhindert. Eine Signallampe zeigt den ordnungsgemäßen Ablauf des Belichtungsvorganges und das Filmen an. An einer Zähl scheibe kann die Zahl der erfolgten Aufnahmen auf Zehnerstreifen abgelesen werden. Der mit einem Ziffernblatt und Minutenstrichen versehene Andruckrahmen sorgt für einwandfreie Photoaufnahmen der aufgehenden Vorlage. Der Nummernträger ermöglicht die Kennzeichnung der einzelnen Aufnahmen am Filmende. Damit ist die Registrierung des gewonnenen Aufnahmamaterials nach der Dezimal-Klassifikation gewährleistet. (Näheres siehe Dokument-Mikrobuch.)

Die Belichtungsuhr kann für Zeiten von 0,1 bis 60,0 Sekunden eingestellt werden. Am Voltmeter können unter Umständen

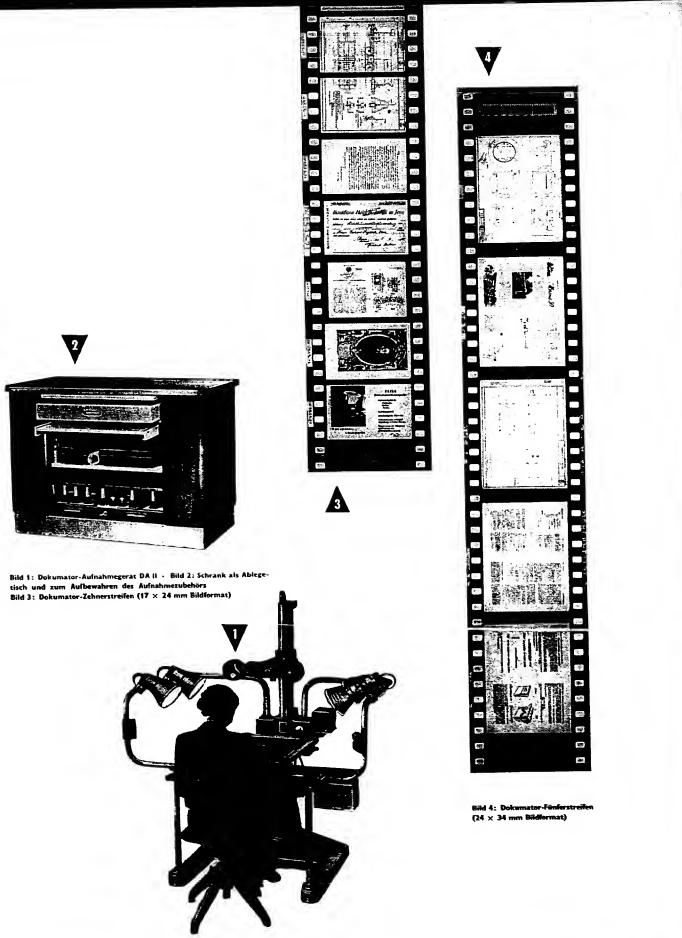


Bild 1: Dokumator-Aufnahmegerät DA II — Bild 2: Schrank als Ablage- und zum Aufbewahren der Aufnahmegeräts  
 Bild 3: Dokumator-Zehnerstreifen (17 x 24 mm Bildformat)

Bild 4: Dokumator-Finderstreifen (24 x 34 mm Bildformat)

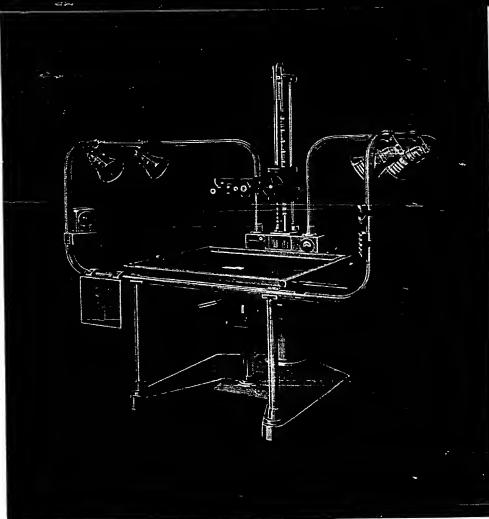


Bild 5: Dokumator-Aufnahmegerät DA IV

entstandene Spannungsschwankungen abgleichen und durch einen Regelkranz kompensiert werden. Die vorgeschriebene Arbeitsspannung ist 120 V, kann damit konstant gehalten werden. Zur Belaufsicht der Objektivebene dienen vier Lampen 220V 100W, in Verbindung mit Reflektoren. Das Gerät ist für Anschluß an 220 V Wechselstrom vorgesehen. Auf Wunsch werden die Geräte auch für Anschluß an 110 V Wechselstrom bzw. 220 V oder 110 V Gleichstrom geliefert. In dem zur Grundausstattung gehörenden Rollschrank (Bild 2) können alle Zubehör- und Ergänzungsteile, Arbeitsunterlagen u. a. griffbereit und staubgeschützt aufbewahrt werden. Eine Weiterentwicklung des Gerätes befindet sich in Vorbereitung. Sie entspricht im wesentlichen dem nachstehend beschriebenen Modell DA IV.

#### Dokumator-Aufnahmegerät DA IV (Bild 5).

Der prinzipielle Aufbau dieses Gerätes entspricht dem bewährten Modell DA II. Die Aufnahmeformate betragen:

1. 24 x 34 mm für DIN A 1 bis DIN A 4
2. 17 x 24 mm für DIN A 3 bis DIN A 6.
3. Man erhält also auf einem Dokumententreifen: entweder 10 Aufnahmen 17 x 24 mm (Bild 3), oder 5 Aufnahmen 24 x 34 mm (Bild 5).

Zur Herbstmesse 1954 als Weiterentwicklung des Dokumator-Systems vorgestellt, erfreute sich dieses Modell reger Nachfrage, so daß die ersten Serien schnell verkauft waren. Der eingeschlagene Weg — automatischer Filmtransport, motorische Höhenverstellung der Kamera — erwies sich als richtig. Die Erkenntnis, die Bedienung weitgehend zu automatisieren, führte zum neuen Modell DA IV. Dieses wurde ähnlich der Frühjahrsmesse 1956 gezeigt. Die wichtigsten Merkmale dieser neuen Ausführung sind:

1. verbesselter automatischer Filmtransport;
2. automatische Objektiveneinstellung (Fokussierung) in Verbindung mit der motorischen Kamera-Höhenverstellung;

3. automatisches Öffnen der Andruckplatte nach jeder Belichtung;

4. wählweise Bedienung durch Hand- oder Fußschalter (Auslösen der Belichtung) oder

5. — bei Einstellung von Dauerbetrieb — automatische Auslösung der Schaltung nach Schließen der Andruckplatte.

Diese Charakteristika des als nahezu vollautomatisch anzu-sprechenden Gerätes vereinfachen die Bedienung auf ein Minimum. Damit damit erhöhte die Aufnahmekapazität bei gleichzeitiger Minderung der physischen Belastung der Bedienungsperson führt zu einer beträchtlichen Steigerung der Arbeitsintensität. Die Kamera ist in einem Spezialgehäuse untergebracht, das ebenso dicht wie alle Objektive dieser Reihe, durch seine gute Detaillierung ausgezeichnet. Die Höhenverstellung der Kamera erfolgt automatisch über drei Drucktasten, die sich auf der oberen Seite des Schaltkastens befinden. Mit der Auf- bzw. Abwärtsbewegung der Kamera erfolgt die automatische Fokussierung des Objektivs. Das richtige Einfahren der Kamera — den Strichmarken der zwei DIN-Formatskalen entsprechend — ermöglicht einwandfreie Aufnahmen. Damit sind Bedienungsfehler praktisch unmöglich.

Das Auslösen der Aufnahme erfolgt wahlweise durch Hand- oder Fußschalter, um Ermüdungserscheinungen zu verhindern. Außerdem hat die Bedienungsperson — bei Fußschaltung — beide Hände für Vorlagenwechsel frei. Dadurch werden höhere Aufnahmekapazitäten erzielt.

Sobald die Belichtung erfolgt ist, öffnet sich die Andruckrahmen automatisch. Bei Einstellen der Drucktasten auf Dauerbetrieb kann die Kamera auf die entsprechende Position des Andruckrahmen ausgelöst. Die Tätigkeit der Bedienungsperson beschränkt sich praktisch nur auf das Ureigen — zum Beispiel der Seiten eines Buches — und das Schließen des Andruckrahmen. Alle sonstigen Vorgänge werden automatisch ausgelöst.

Das Aufnahmeformat wird von der Größe der aufzunehmenden Vorlage bestimmt. Während DIN A 1 und DIN A 2 grundsätzlich auf Format 24 x 34 mm und DIN A 5 und DIN A 6 grundsätzlich auf Format 17 x 24 mm aufgenommen werden, hängt die Wahl der Formate bei DIN A 3 und DIN A 4 von der Vorlage ab. Zweckmäßig wird die detaillierte Vorlage auf Format 24 x 34 mm, die übliche auf Format 17 x 24 mm aufgenommen. Einstellung einer Vorlage an die Größe der Vorlagen bis zum Format DIN A 1 reproduziert, ist damit verwirklicht. Vor allem der Industrie ist damit die Möglichkeit gegeben, Zeichnungen zu archivieren und auf diese zurückzugehen, wenn die Originale in Verlust geraten oder durch andere Einwirkungen unbrauchbar geworden sind.

Das Dokumator-Lesegerät (Bild 6) dient vor allem zum Lesen und Auswerten der mit dem Dokumator-Aufnahmegeräten hergestellten Zehner- bzw. Fünferstreifen. Es gestattet aber auch das Lesen und Auswerten von Rollfilm 35 mm sowie von Plattenfilm 90 x 120 mm. In Verbindung mit der Bildbandführung für 16 mm können auch 16-mm-Dokumentenfilme betrachtet werden.

Bei der Entwicklung dieses Gerätes wurde größter Wert auf bequeme Arbeitsmöglichkeit und zweckmäßige Ausführung gelegt, da langes Lesen von Mikrofilmen nicht ermüden soll. Eine hochklappbare Lichtschutzhülle schirmt jedes störende Nebenlicht ab, so daß das Gerät überall — auch bei Tageslicht — eingesetzt werden kann. Die Beliefergabe der Mikrofilme erfolgt durch eine Projektionsvorrichtung auf einem 45° geneigten Bildschirm in hohem Reflexionsvermögen. Die Leistungsfähigkeit 305 x 390 mm. Die Projektionsbilder sind von großem Kontrastreichtum und äußerst gleichmäßiger Helligkeit und Schärfe. Die bei der Mattschleib-Projektion üblichen Ermüdungserscheinungen entfallen daher bei Verwendung des Dokumator-Lesegerätes. Ein Spezielles mit Höhenverstellung erlaubt die Aufstellung des Gerätes der Körpergröße des Lesenden anzupassen.

Bild 7 zeigt eine Strichzeichnung über den Strahlengang des Lesegerätes bei Lesestellung.

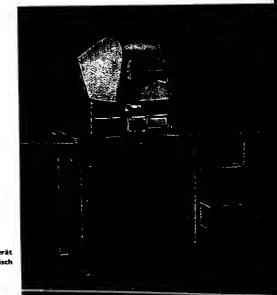


Bild 6: Dokumator-Lesegerät mit Speziallicht

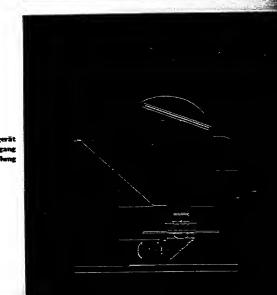


Bild 7: Dokumator-Lesegerät — Strahlengang bei Lesestellung

Im Sommer 1953 wurde ein Dokumator-Lesegerät anlässlich einer Expertenkonferenz, die in Verbindung mit der „Association Française de Normalisation“ in Paris stattfand, vorgestellt. Das Urteil darüber lautete: „Das Lesegerät hat allgemein sehr gefallen. Besonders gelobt wurden die Helligkeit und die Rand schärfe. In dieser Hinsicht übertrahlt es alle anderen deutschen und ausländischen Geräte zweifellos alle anderen deutschen und ausländischen Geräte.“ Folgendes Spaltabblatt zeigt die Zusatz- und Ergänzungseinheiten, die eine vielseitige Anwendungsmöglichkeit des Lesegerätes Dokumator 2,8/35 mm mit Kondensorlinse für Format 17 × 24 mm 17fache Vergrößerung, Dokumator 2,7/50 mm mit Kondensorlinse Format 24 × 36 mm 10fache Vergrößerung, Biatar 1,4/20 mm mit Kondensorlinse für 35 mm, für Formate bis 14 × 14 mm, ca. 30fache Vergrößerung (wird zur Zeit nur auf besonderen Kundenwunsch gefertigt).

Zweifachträger mit Glästasche dient für das Lesen der Zehner- und Fünferstreifen. Für das Auswerten der Filme im Format 90 × 120 mm steht Platinträger mit Glästasche zur Verfügung.

Mit der Dia-Einrichtung können Dias (Gläsbilder) im Format 5 × 5 cm projiziert werden, wahlweise im Hoch- und Querformat.

Der Projektionsspiegel gestattet die Verwendung des Lesegerätes als Projektionsgerät, so daß mehrere Personen zu gleicher Zeit das projizierte Bild betrachten können. Als weitere Zusatzeinheiten stehen die Bildbandführung für 30 m Normalfilm 35 mm sowie die Bildbandführung für 30 m Schmalfilm 16 mm zur Verfügung.

Das Lesegerät ist für den Anschluß an 220 V Wechselstrom vorgesehen. Die Spannung für die Lichtkuhflampe 12 V 50 W wird auf diese Nennleistung herabtransformiert. Auf Kundenwunsch können die Geräte auch für den Anschluß an 110 V

Wechselstrom bzw. 220 V oder 110 V Gleichstrom eingerichtet werden.

Das **Dokumator-Mikrobuch** wird der Forderung nach einer übersichtlichen und zugleich raumsparenden Archivierung in jedem Falle gerecht. Es besteht aus dem Umschlag und der Schuppenkarte im Format DIN A 5 und dient zum Einordnen und Aufbewahren der Zehner- bzw. Fünferstreifen. Je nach Wahl des Benutzers können Sonderarten für die Aufbewahrung von 100 oder 15 Filmstreifen geliefert werden.

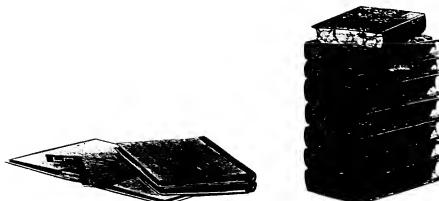
Wie bekannt, basiert das Dokumator-System auf der Zehner-

teilung im Bildformat 17 × 24 mm bzw. Fünferteilung im Bildformat 24 × 34 mm.

Die Dokumator-Einheiten bauen, fünnen, Aufnahme erfolgt — bei „unterbrochenem“ Betrieb — eine Leerschaltung. Nach der Entwicklung werden diese durch Schnitten und es entsteht jeweils an beiden Seiten des Streifens ein halbes Leerfeld zum Anfassen. Die Länge jedes Streifens beträgt 210 mm und entspricht dem Format DIN A 5. Da jede Aufnahme auf dem Bildstreifen zwischen Filmmarke und Perforation zwangsläufig mit einer Kennziffer versehen wird, ist damit die Grundlage für eine übersichtliche Archivierung nach der Dezimal-Klassifikation geschaffen.

Diese erleichtert das Ordnen und Archivieren sowie Wiederauffinden der aufgelegten Filmstreifen. Wie raumsparend das Dokumator-System arbeitet, zeigt eindrucksvoll die Gegenüberstellung von acht Bänden mit 4800 Seiten, die in drei Mikrobüchern archiviert werden.

Die vorstehenden Ausführungen vermitteln einen Überblick über das Zeiss-Dokumator-System. Sie zeigen, wie vielseitig diese Geräte in der Praxis eingesetzt und verwendet werden können, unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit.



## Von der Zeiss-Kleinbildkamera Werra

Die hunderttausendste „Werra“ verließ am 28. November 1956 das Werk

Den Amateuren in aller Welt stehen eine Vielzahl von Kleinbildkamera-Typen zur Verfügung. Wenn dennoch das Zeiss-Kleinbildkamera-Programm in seiner Geschichte die Entwicklung und Herstellung einer einfachen und volkstümlichen Kleinbildkamera selbst in Angriff nahm, dann waren dafür die Beobachtung und die Feststellung entscheidend, daß die meisten vorhandenen Kleinbildkamera-Typen nur selte oder unvollkommen einige besondere Wünsche und Forderungen weiter Kreise der Amateure berücksichtigen. Sorgfältige Analysen der vorhandenen Kleinbildkamera-Typen und der Wünsche der Amateure führten bei der Entwicklung der „Werra“ zur Beachtung und Berücksichtigung folgender Gesichtspunkte und Forderungen für ihre Konstruktion:

kleine, handliche Abmessungen — geringes Gewicht — zweckbedingte Form- und Farbgebung — Ausschaltung aller komplizierenden Bedienungsgriffe — optimale Platzierung des Films — stabiler Aufbau zur besten Ausnutzung der Hochleistungsoptik und dadurch Sicherung höherer Bildqualität — Sicherung weiterer Anwendungsmöglichkeiten — sicherer Schutz des Objektivs gegen Schlag und Feuchtigkeit — Möglichkeit strapazierfähiger Benutzung ohne Lederetasche.

Damit waren im wesentlichen die Bedingungen festgelegt, die erfüllt werden mußten, um eine neuartige Kleinbildkamera zu bringen, die unter der Vielzahl bereits bestehender Kameratypen neue Merkmale und überzeugende Vorteile hat.

Eine Kamera, die nach solchen Gesichtspunkten zu konstruieren war, mußte von vornherein besonders die Formi-

gebung berücksichtigen. Je einfacher ein Gerät in seinem Aufbau wird, um so gewissenhafter müssen die Proportionen, um so abgestimmt die Form festgelegt werden. Es war deshalb wichtig, daß die Verhältnisse des Kameraaufbaus unter weitestgehender Berücksichtigung des goldenen Schnittes durchgeführt wurden. Alle anderen Wünsche hatten sich diesem einen Gedanken unterordnen. So entstand die glatte, zweckgebundene, wohlbewogene Form, die durch die Verwendung durchgehend durch den hochwertigen Objektivschutz und die zweckmäßige Lösung des Aufzugsringes noch unterstrichen wurde.

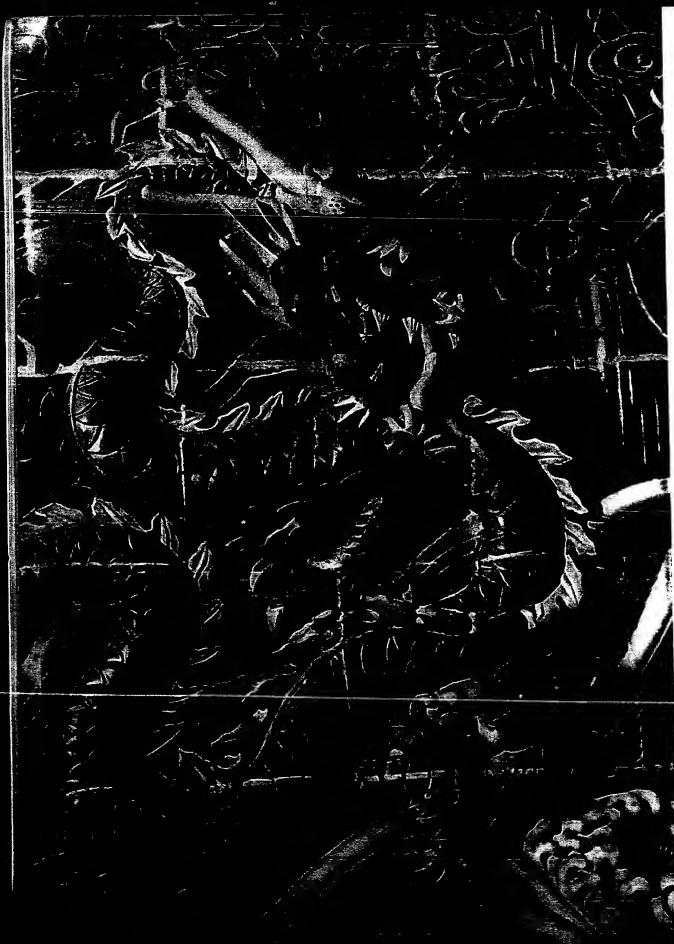
Damit waren im wesentlichen Voraussetzungen geschaffen, den technisch wenig versierten Benutzern die Schiebe vor der Bedienung eines Photapparates zu nehmen. Bei der Erfüllung dieser Forderung wurde gleichzeitig beachtet, daß die Kamera lackfrei, also witterfest und verschleißfest dem Benutzer in die Hand gegeben wird. Die Farbe Gelb wurde diese Forderung dagegen nicht zu Stelle der schwarzen Lackierung erfüllt, sondern an Stelle der Lederbesatz ein fest aufgebrachter, harter, kratzfester Kunststoff verwendet.

Damit waren durch die doppelte Funktion der Schutzkappe, die gleichzeitig als Gegenlichtblende verwendet wird und durch die sinnvolle Durchbildung aller Details darunter, daß Grün-, Gelb- und Rottönen statt an den Enden der Linsen aufgeschraubt sind, die Bedienung der Kamera erleichtert. Die Kamera gleicht also die Bedingungen erfüllt, die heute an eine Kleinbildkamera gestellt werden.



**Stabile Bauart, verschleißfeste,  
lackfreie Oberfläche,  
einfachste, funktionsgerechte  
Handhabung, zweckmäßig  
in Form und Farbe,  
leistungsstark durch Objektiv  
und neuartige Filmlage \***

\* Drei Bilder mit der Werra beweisen ihre Leistungsfähigkeit



Ausschnitt aus der berühmten Drachenmauer in Peking



Südostgalerie des Mailänder Doms vom Domplatz aus

müssen, nämlich Blitzkontakt, Rückspuleinrichtung, Filmzählerwerk und sinnvoll angebrachte Eingriffseinrichtung, die man als Schnellauflauf werten muß, hat die Kamera in breitesten Kreisen schnell Eingang finden lassen.

Heute, nach Lieferung der hunderttausenden „Werra“ kann gesagt werden, daß mit dieser kleinen geschmackvollen Kamera mit neuem Gesicht, eine Kamerareihe in Angriff genommen wurde, die besonders neuen Amateuren, insonderheit den Frauen und der Jugend, schnell den Weg zur Photographie ebnen und durch die gute Bildqualität der Photographie schnell neue Anhänger zuführen wird.

Dadurch, daß die Kamera ständig ausgebaut wird, wird auch den ständig steigenden Ansprüchen der neuen Photographen Rechnung getragen und ihnen die Möglichkeit gegeben, auch schwierige und anspruchsvolle Aufgaben in der Photographie meistern zu können.

Im Urteil ihrer Benutzer hat sie die „Werra“ bereits einen hohen Rang und ihre Leistung und Anhangsfähigkeit erworbene. Es ist zu hoffen, daß die folgende, mit der „Werra“ aufgenommene Fotos zeigen von der Qualität und Funktionsfähigkeit der Kamera, auch in den Händen von wenig erfahrener Amateuren.

## Photogrammetrische Geräte aus Jena

Horst Schöeler

Von jeher hat der Mensch versucht, sich ein Bild von seiner Umwelt zu schaffen. Und mehr Ordnet er in seiner Umgebung ein, desto höher ist die Kultur. Ein Beispiel: Der Mensch hat die Erde als Grundlage jeder Organisation. Schon über spannungsreiche Triangulationsnetze und Bezugspunkte einen großen Teil der Erde und gestartet damit die Registrierung eines beliebigen Standortes mit hoher Genauigkeit. Aber sowohl in diesen hochkultivierten wie in den unterentwickelten Teilen unserer Welt steigt von Tag zu Tag das Bedürfnis nach Karten. Sei es die Planung eines Industriekombinates in Europa oder die Erfassung riesiger Tropenwälder, beides ist nicht zu lösen ohne die Karte.

Oft sind uns die tatsächlichen Vorstellungen von unserem Wissen, besonders jedoch von dem, was uns über unsere Erde bekannt ist. Wohl gibt es auf dem Globus keine „weißen Flecken“ mehr, aber solche Abbilder sind für die intensive Erforschung unzureichend. Hierzu benötigen wir Kartenunterlagen eines weit größereren Maßstabes, in denen wir Straßen, Bahnen und Kanäle projizieren und einzeichnen und in denen wir unsere Erkundungen wie Erzager, Petroleumquellen, Kohlenlager u. a. registrieren können. Solche Karten sind aber nur von einem kleinen Teil der Erde zu erhalten. Einzelnur liefern ein Übersichtsbild. Nur für 20% der Erdoberfläche existieren Karten mit einem Maßstab 1:25000 und größer und nur 20% der Erdoberfläche sind durch topographische Karten darstellungen gedeckt. Das sind Ergebnisse die auch mancher Fachmann nicht vermutet hätte. Vieles bleibt also noch zu tun. Aber die konventionellen Verfahren der Kartenherstellung werden nur zu einem kleinen Teil zur Erfüllung dieser riesigen Aufgaben beitragen können.

Damit Topographen der alten Schule blieben zur Erweiterung seines ergebnisreichen Werkes um neue Fachgenauigkeit zu bringen, ist dieses Hilfsmittel, die Karte, eine der wertvollsten kulturellen Leistungen. Sie bringt uns eine immense Erweiterung unseres Horizontes. Gleicnram von immer höherer Warte aus sehen wir die Zusammenhänge und uns her. Und wenn wir uns die Karte eines Erdeiles oder der Erde überhaupt ansehen, so sind wir der technischen Möglichkeit einer solchen Gesamtheitsschau weit vorausgezett.

Die Bedeutung eines solchen Hilfsmittels für die Weiterentwicklung der menschlichen Kultur und des technischen Fortschrittes ist überzeugend. Wohl ist das Bild unserer Welt im Ganzen heute durch Karten festgehalten; es gibt keine unbekannten Zonen und „weißen Flecken“ mehr. Der intensiven

teil einer Sekunde ein Vielfaches dessen auf, was der Topograph in mühevoller Kleinarbeit auf dem Meßbisch feststellte. Das Licht selbst schafft das Ablenken der Kamera.

In fast jedem technischen Gebiet entstand die moderne Luftaufnahmestellung mit der die Kartenherstellung, einem industriellen Fabrikationsprozeß gleichkommend, heute mechanisiert und automatisiert wird. Optiker und Konstrukteure traten dem Feldmesser der alten Schule zur Seite und gaben ihm ausgereifte Maschinen in die Hand, mit deren Hilfe die Kartenherstellung revolutionierend umgestaltet werden konnte.

Seit über 50 Jahren nehmen photogrammetrische Geräte auf Jena ihren Weg in alle Welt. Die deutsche Wissenschaftler, wie C. Pecht, O. C. Giese und R. Hauptmann haben von hier aus diese neue Wissenschaft, die Photogrammetrie, mit ihren Arbeiten maßgeblich beeinflußt. Nachdem die Spuren der zweiten Weltkriegen in den Jenaer Werkstätten beseitigt und die notwendigen Voraussetzungen für eine derartige Fertigung wieder gegeben waren, verlassen nun seit einigen Jahren wieder bewährte Gerätekörper die Montagewerkstätten.

Da ist zunächst das große automatische Universaluntersuchungsgerät **SEG 1**, bei dem die Umwidlung von Luftaufnahmen, die „Luftaufnahmegerät“ sei, eine Fülle von Einzelheiten und Details, die bei der weiteren medotechnischen Bearbeitung zur Signaturkarte verloren gehen. Darum ist gerade der Planer und Projektierer bereits an einem maßstäblichen photographischen Bild seines Arbeitsobjektes interessiert. Solche maßstäblichen Zusammenstellungen photographischer Einzelaufnahmen nennt man „Luftbildplan“. Seine Herstellung durch einfaches Anbringen der Luftaufnahmen auf teilen stellt eine erhebliche Anstrengung dar. So bestehen die Luftbilder unterteilt in Maßstabsdifferenzen, die durch unbedeutende Änderungen der Flughöhe des Aufnahmeflugzeuges zwischen den Aufnahmestandorten hervorgerufen werden. Aber auch

das Bild selbst besitzt keinen einheitlichen Maßstab. Es würde einen unvertraglich hohen Aufwand bedeuten, das Aufnahmegerät im Flugzeug so zu stabilisieren, daß genaue Senkrechtaufnahmen entstehen. So verzichtet man hierauf von vornherein. Das Entzerrungsgerät erfüllt dann die Aufgabe, alle Einzelaufnahmen in strenge Senkrechtaufnahmen einheitlichen Maßstabes umzuwidmen. Diese können einem zusammenhängenden Plan zusammengefügt werden. Durch die automatische Steuerung der optimalen Abflußbedingungen ermöglicht dieses Gerät ein schnelles und mögliches Arbeiten. Im darauffolgenden kann dieser Luftbildplan auch die Grundlage für eine Signaturkarte bilden.

In den weniger entwickelten Gebieten wird es sicher gelingen, Karten oder Pläne zu erzeugen, die für längere Zeit mit der Örtlichkeit übereinstimmen. Dort aber, wo das wirtschaftliche Leben pulsiert, ändert sich das Gesicht des Landes Tag für Tag. Straßen, Kanäle, Kraftwerke und Eisenbahnen und vieles mehr müssen neu in die Karte aufgenommen werden. Dieser Laufendurchgang des Veränderungskreises dient der einfache **Luftbildplan**. In Prinzip entspricht er einem Entzerrungsgerät, jedoch wird das Luftbild hier optisch dem Kartenbild überlagert, so daß die Veränderungen mit einem Zeichenschiff in die Karte eingetragen werden können.

Luftbildplan und Situationskarte geben die Geländeoberfläche jedoch nur in zwei Dimensionen wieder. Nur indirekt kann auf die dritte Dimension, die Höhe, geschlossen werden. So wohl für Ingenieurprojekte als auch für Interpretationszwecke ist aber die Kenntnis der Höhenlage von Gebilden von großer Bedeutung. Ein Jahrhunderte-entstand nun in Jena eine Methode, die der Photogrammetrie bei der Erfassung der dritten Dimension eine wertvolle Hilfe leistet. Es war dies die Einführung der messenden Stereoskopie durch C. Puxaux. Sind zwei Bilder über einer Basis so aufgenommen, daß ein Teil des Objektes auf beiden Aufnahmen

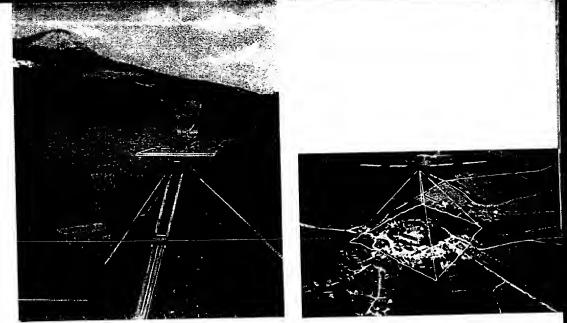


Bild 1: Topograph bei der Arbeit • Bild 2: Luftaufnahme

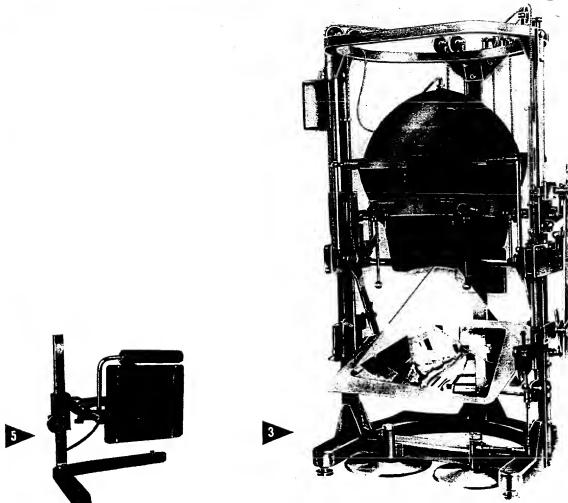


Bild 3: Selbstfokusierendes Entzerrungsgerät SEG I • Bild 5: Luftbildumzeichner

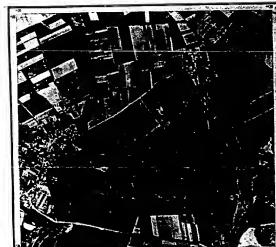
dargestellt ist, so erscheint bei geeigneter Betrachtung das Gemeinschaftsgebiet als Raummodell in drei Dimensionen. Ein solches Betrachtungsgerät ist das **Spiegelstereoskop**. Für eine Interpretation leistet es bereits wertvolle Dienste. Zusammen mit dem Zeichnungsrechner kann ein Meßstab von Bauwerken, Gebäuden usw. in Raummaßstab vonnehmen. Auf einer Karte aufgezeichnet, ist der Raummaßstab von einem Betrachter leicht ablesbar. Auf eine Auszählung, als **Stereopantomometer** aufgebaut, gelingen bei Anwendung besonderer Arbeitsmethoden bereits Signaturkartenauswertungen in kleinen Maßstäben. Dabei müssen, um die Fehler klein zu halten, Bilder verhältnismäßig großen Maßstabes verwendet werden. Die Wirtschaftlichkeit der photogrammetrischen Arbeit aber wächst,

wenn möglichst wenige Bilder kleinen Maßstabes das Aufnahmobjekt darstellen. Dabei soll der Bildmaßstab so gewählt sein, daß gerade noch alle in der Karte darzustellenden Details zur Abzüglichung kommen. Zur Auswertung müssen in den Bildern jedoch kompliziertere Geräte zur Anwendung kommen. Ein relativ einfaches Gerät, das jedoch eine exakte Lösung der vorgegebenen Aufgabe liefert, ist der **Aeroprojektor Multiplex**. Für großräumige Luftvermessungen in mittleren bis kleinen Maßstäben hat sich dieser Gerätotyp in den vergangenen 20 Jahren in allen Erdeiteilen bestens bewährt. Eine Reihe ausländischer Firmen stellt heute Nachbauten des

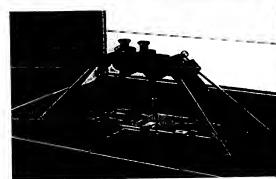
Bild 4: Luftbildplan • Bild 6: Spiegelstereoskop • Bild 7: Stereopantomometer

Multiplex her, der Mitte der dreißiger Jahre von Jena aus seinen Weg in die Welt nahm. Es gibt Einwände gegen dieses Gerätesystem, aber die photogrammetrische Praxis in den weiträumigen Ländern zeigt, daß für diese Aufgaben bisher nichts Besseres geschaffen wurde. Das Grundprinzip dieses Gerätes ist denkbar einfach. Die Projektionsrichtung steht in ihrer gegenwärtigen Zuordnung zu den Aufnahmestandorten des Flugzeuges. Längs-, Quermeßung und Höhenunterschied werden an den Einzelprojektoren entsprechend der Lage der Aufnahmekammer eingestellt und die Gesamtheit des Bildstreifens wird als Analogprojektion auf einem in der Höhe verstellbaren Zeichentischchen aufgefangen. Mit dessen Leuchtmärke lassen sich nun Raumkurven (Situationslinien) und Höhenlinien im Raummodell ablesen, auf dem der Projektionsstrahl, einem Kreis der Märke, eingeschriebenen Zeichentisch auftrifft. Die verkleinerte Rekonstruktion des Aufnahmevergangen und die Verkleinerung der Original-Luftbildaufnahmen von 18 cm × 18 cm auf 40 mm × 40 mm bzw. 60 mm × 60 mm führen zu einem mittleren Gerät, das ohne besondere Schwierigkeiten transportiert oder auch in einer fahrbaren Auswertestelle noch untergebracht werden kann. Die Aneinanderreihung eines Flugstreifens bietet die Möglichkeit, lange Modellverläufe in ihrer Gesamtheit weitmässig zu bearbeiten. Projektionsstrahl einzuhängen. Damit läßt der Multiplex als einziges Gerät dieser Größenordnung die wichtigste Aufgabe des Geobildanschlusses und der Aerotriangulation. Die jetzt wieder lieferbaren Multiplex-ausrüstungen sind entsprechend den heute verwendeten Aufnahmekameras mit Normal-, Welt- und Überweitwinkelobjektiven ausgerüstet. Davon besitzt letzteres einen Offnungswinkel von 122°. Im Maximum kann das Gerät mit 24 Projektoren ausgestattet werden. Ein Multiplex kann mehrere Geräte in Gruppen enthalten. Diesen Prinzipien folgend, gehört der Multiplex zu den Auswertegeräten der II. Ordnung für die Auswertung von Karten mittlerer und kleiner Maßstäbe.

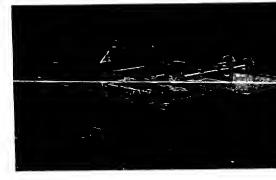
Als Spitzengerät I. Ordnung für großmaßstäbliche Auswertungen und genauere Aerotriangulationsarbeiten stellen die jenseitigen Werke seit über 30 Jahren den **Stereophangraph** her. Wie der Multiplex gestattet auch dieses Gerät eine lineareweise automatische Kartierung an Hand des Raummodells. Die Verwendung der Originalaufnahmen und die hohe Präzision des Instrumentes steigern die Auswertegenaugkeit auch für größere Maßstäbe in den für konventionelle terrestrischen Aufnahmeverfahren gütigen Bereich hinaus. Sein erster Stereophangraph, die Jenaer Ausgabe, verlassen ebenfalls hat, haben andere photogrammetrische Betriebe ebenfalls ähnliche Instrumente gebaut. Auch der Stereophangraph wurde ständig weiterentwickelt. Aber fast unver-



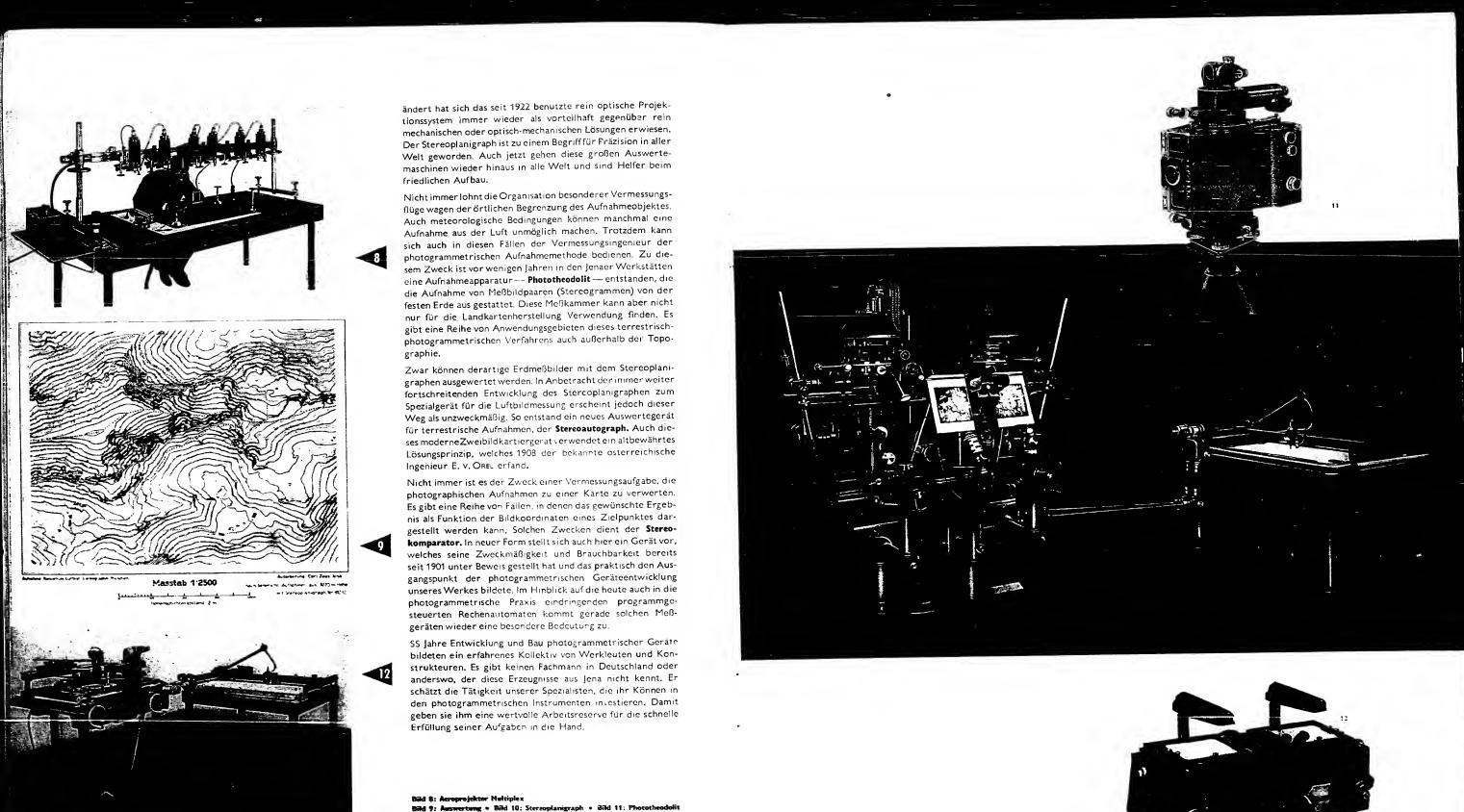
4



6



7



ändert hat sich das seit 1922 benützte rein optische Projektionsystem immer wieder in vorteilhaft gegenüber rein mechanischen oder optisch-mechanischen Lösungen erwiesen. Der Stereoplano-Apparat ist zu einem Begriff für Präzision in aller Welt geworden. Auch jetzt gehen diese großen Auswertermaschinen wieder hinaus in alle Welt und sind Helfer beim friedlichen Aufbau.

Nicht immer lohnt die Organisation besonderer Vermessungsflüge wegen der örtlichen Begrenzung des Aufnahmobjektes. Auch meteorologische Bedingungen können manchmal eine Aufnahme aus der Luft unmöglich machen. Trotzdem kann sich auch in diesen Fällen der Vermessungstechniker der photogrammetrischen Aufnahmetechnik bedienen. Zu diesem Zweck ist vor wenigen Jahren eine Reihe von Instrumenten entstanden, die die Aufnahme von Maßbildpaaren (Stereogrammen) von der festen Erde aus gestattet. Diese Maßkammer kann aber nicht nur für die Landkartenherstellung Verwendung finden. Es gibt eine Reihe von Anwendungsbereichen dieses terrestrisch-photogrammetrischen Verfahrens auch außerhalb der Topographie.

Zwar können derartige Erdmeßbilder mit dem Stereoplano-Apparaten ausgewertet werden, in Anbetracht der immer weiter fortschreitenden Entwicklung des Stereoplano-Apparates zum Spezialgerät für die Luftbildmessung erscheint jedoch dieser Weg als unzweckmäßig. So entstand ein neues Auswertegerät für terrestrische Aufnahmen, der **Stereocomparator**. Auch dieser ist eine Zweckbildung, die erwendet ein altbewährtes Lösungsprinzip, welches 1908 der bekannte österreichische Ingenieur E. v. Oss. erfand.

Nun kann es ja der Zweck einer Vermessungsaufgabe, die photographischen Aufnahmen zu einer Karte zu verwerben. Es gibt eine Reihe von Fällen, in denen das gewünschte Ergebnis als Funktion der Bildkoordinaten eines Zielpunktes dargestellt werden kann. Solchen Zwecken dient der **Stereokomparator**. In neuer Form stellt sich auch hier ein Gerät vor, welches seine Zweckmäßigkeit und Brauchbarkeit bereits seit 1901 unter Beweis gestellt hat und das praktisch den Ausgangspunkt der photogrammetrischen Instrumentenentwicklung und -verbesserung im Hinblick auf die heute auch in die photogrammetrische Praxis eindringenden programmgesteuerten Rechenanlagen kennt gerade solchen Meßgeräten wieder eine besondere Bedeutung zu.

55 Jahre Entwicklung und Bau photogrammetrischer Geräte bildeten ein erfahrendes Kollektiv von Werkleuten und Konstrukteuren. Es gibt keinen Fachmann in Deutschland oder anderswo, der diese Erzeugnisse aus Jeni nicht kennt. Er schätzt die Tätigkeiten unserer Spezialisten, die ihr Können in den photogrammetrischen Instrumenten investieren. Damit geben sie ihm eine wertvolle Arbeitsreserve für die schnelle Erfüllung seiner Aufgaben in die Hand.

Bild 8: Ausprojektor Multiplex  
Bild 9: Auswertung = Bild 10: Stereoplano-Apparatus = Bild 11: Photocaméscope  
Bild 12: Stereocomparator = Bild 13: Stereokomparator

## Ernst Abbe und die Entwicklung zum Elektronenmikroskop

Ernst Abbe, der Begründer der modernen mikroskopischen Technik, hat in seiner Theorie der mikroskopischen Abbildung die Grenze für das Auflösungsvermögen des Lichtmikroskopes ermittelt. Aber dem Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis seiner Zeit vorauslaufend, sah er im Gedanken bereits Möglichkeiten für eine neue instrumentelle Entwicklung, die die Grenze des Lichtmikroskopes überschreite. So erklärte er 1878 in seiner Arbeit: „Die optischen Hilfsmittel der Mikroskopie“ (abgedruckt in den „Gesammelten Abhandlungen von Ernst Abbe“, Band 1, Verlag von Gustav Fischer in Jena, 1904):

„Nach allem, was im Gesichtskreis unserer heutigen Wissenschaft liegt, ist der Tragewege unseres Schergangs durch die Natur des Lichtes selbst eine Grenze gesetzt, die mit dem Rüstzeug unserer dormaligen Naturerkennnis nicht zu überschreiten ist. Es bleibt natürlich der Trost, daß zwischen Himmel und Erde noch so manches ist, von dem sich unser Verstand nichts trauen läßt. Vielleicht, daß es in der Zukunft dem menschlichen Geist gelingt, sich noch Prozesse und Kräfte dienstbar zu machen, welche auf ganz anderen Wegen die Schranken überschreiten lassen, welche uns jetzt als unübersteiglich erscheinen müssen — das ist auch mein Gedanke. Nur glaube ich, daß diejenigen Werkzeuge, welche dorthin vielleicht unsere Sinne in der Erforschung der letzten Elemente der Körperwelt wässerbar sind, als die heutigen Mikroskope unterstützen, mit diesen kaum etwas anderes als den Namen gemeinsam haben werden.“

## Zeiss-Röntgendiaskop im Urteil eines namhaften Röntgenologen

Auch im Rahmen unseres Vorkriegs-Fertigungsprogrammes wurde ein den damaligen Erfordernissen entsprechendes Röntgendiaskop hergestellt. Vor wenigen Jahren wurde die Entwicklung eines den neu-esten technischen Bedingungen entsprechenden Röntgendiaskops von der Firma Alfa-Schäfer-Fertigungsgesellschaften. Die Röntgenologen brachten diesem Gerät, das anlässlich der Herbstmesse 1952 als Neuheit gezeigt wurde, von Anfang an reges Interesse entgegen, so daß die ersten Serien in über-raschend kurzer Zeit ausverkauft waren. Die modernen Hörsale erfordern optisch leistungsfähige und lichtstarke Geräte, die eine einwandfreie Präsentation der meist kontrastarmen Röntgenaufnahmen ermöglichen. Der gäb-agogisch-methodische Wert eines solchen Gerätes für die Heranbildung und Schulung ärztlichen Nachwuchses steht daher außer Zweifel.

Diapositive eingestellt hatten, waren gelegentlich genötigt, bei der Beschreibung der demonstrierten Bilder zuzugeben, daß bestimmte Veränderungen auf dem Positiv nicht zur Darstellung kämen. Ich selbst und meine Mitarbeiter waren außerordentlich froh, daß uns dieses Gerät zur Verfügung stand. Namentlich im Vortrag von Herrn Dr. PAWLICK wären sonst feinere Verände-

rungen am knöchernen Schädel nicht demonstrierbar gewesen.“  
Unser Röntgendiaskop hat inzwischen in namhaften Kliniken im In- und Auslande Eingang und Anerkennung gefunden. Dank seiner ausgezeichneten optischen Leistung und soliden mechanischen Ausführung, ist es dem Röntgenologen ein wertvoller Helfer bei seiner verantwortungsvollen ärztlichen Tätigkeit im Dienste der Volksgesundheit. **Wdl.**

## Von der geschichtlichen Entwicklung der Zeiss-Mikroskopstativ e vom Stativ Ic bis zu den L-Stativen • Hans Hoppe

Es wird von Freunden unseres Werkes oft die Frage gestellt: Wie ist die elegante und zweckmäßige Form der L-Mikroskopstativ entstanden und warum wurde dieser Typ L genannt? Zur Beantwortung soll kurz über die Entwicklung der Zeiss-Mikroskopstativ berichtet werden.

Bei Beginn der fabrikationsmäßigen Herstellung von Mikroskopen waren die Formen der Stativen dem vorhergehenden

statischen Objektiv- und Werkzeugmaschinen der damaligen Zeit sehr ähnlich. Ein gerader Tubus, von Hand auf ver-

stellbar, ein einfacher Objektiv, darunter ein Spiegel und ein schwerer Messingfuß genügten den Anforderungen.

Die Entwicklung der Mikroskopoptik, besonders durch Prof. E. ASCH, verlangte eine präzisere und einwandfreie Führung

des Tubus. Neben der Grobbewegung, zu deren Herstellung spezielle Werkzeugmaschinen erforderlich waren, mußte eine spezielle arbeitspendelbewegung konstruiert werden. Im Jahre 1886 entstand eine durch eine senkrechte stehende Mikrometerschraube zu betätigende Feinbewegung.

Schon der Einbau dieser Feinbewegung und dazu die fort-

schreitende Entwicklung der Werkzeugmaschinen beauftragen stark die Formgebung; Die Konstruktion größer und stabiler, für die Forschung bestimmter Mikroskope, verlangte besonders für die Feinbewegung bedeutend mehr Raum.

Dies bedurfte einer grob-technischen Feinbewegung, die ungünstig

aussehen mußte. Deshalb wurde im Jahre 1898 an dem Stativ Ic, einem

für subjektive Beobachtung und für Mikrofotografie und Projektion konstruiertem Mikroskopstativ, die Mikrometerbewegung nach M. BECKER eingebaut. Eine waagerechte liegende Schnecke, von zwei Seiten bedienbar, betätigte über ein Schneckenrad eine senkrechte stehende Schleifeneinführung.

Mit dieser, mit äußerster Sorgfalt hergestellten Feinbewegung

waren viele Jahre die gewünschten Typen und Formen er-

reicht worden, die aus ästhetischer Sicht ungünstig

aussehen mußten. Die Fertigungskosten dieser

Feinbewegung veranlaßten den damaligen Leiter des Kon-

struktionsbüros Mikroskope, Obering F. MEYER, eine von

ihm nach voller neuen Gesichtspunkten konstruierte Uh-

werkfeinbewegung, die ohne Fettung arbeitet, im Jahre 1926

neu konstruierten Mikroskopstative A, B und C einzubauen.

Mit der Meyerschen Feinbewegung werden noch heute alle

Zeiss-Mikroskope ausgerüstet.

In der Formgebung spielten neben den konstruktiven, immer

mehr auch die fertigungstechnischen Gesichtspunkte eine Rolle. Glatte, gut bearbeitbare Flächen bestimmten die Form und fanden in der Konstruktion unserer E-Typen ihren Ausdruck. Diese, mit einem kreisabschnittförmigen Träger gesäumten, stabile Mikroskope nahmen sehr dankbar in der Entwicklung eine Stellung ein. Sie wurden in großer Menge ausgeliefert, als E, F, G und H-Stativ in alle Teile der Welt geöffert. Weitere Entwicklungen waren die in der E-Form gebauten Mikroskopstative J und K, die aber nicht in Serie gefertigt wurden.

Obwohl der Mikroskopbau einen hohen Grad der Vollkom-

menheit erreicht hatte, kam von Zeit zu Zeit eine neue Mikroskopart immer wieder Anhänger und Geschäftsmänner

Art. So wurde bemängelt, daß die Arbeiten mit Olivenöl

ausgeführt. Mitte der 30er Jahre des Öfteren praxiartig. Die

daraufhin eingeführten Tuben mit schrägem Einblick behoben dieses Öl nur teilweise. Das Beobachten blieb unbeliebt.

Eine andere Klag war die hohe Lage der Grob- und Fein-

bewegungskräfte, die sich bei Routinearbeiten in Ermüdungs-

erscheinungen auswirkte. Die sich immer wiederholenden

Wünsche veranlaßten unseren Entwicklungsbüro, eine Gesamtsa-

ttuktur von der Formgebung her zu überdenken. Im Jahre 1930 geschaffen, Grundform abzugehen. Durch

eine neue Konstruktionsarbeit gelang es ihm, eine neue

Form zu finden, die nicht nur alle Wünsche der Kunden er-

füllte, sondern die auch ästhetisch sehr ansprechend war.

Es entstand ein Mikroskopmodell, das in der Reihenfolge des

Alphabets „L“ genannt wurde. Die begeisterste Aufnahme,

die es seinerzeit bei allen interessierten Mikroskopikern in

der ganzen Welt fand, bestätigte, daß hier ein Mikroskop ge-

schaffen war, der nicht nur durch seine höchst zweckmäßige

Form, sondern auch durch seine Eleganz und Schönheit über-

zeugte.

Das L-Stativ wurde nach dem Jahre 1945 nicht nur in der Form,

sondern auch in allen Einzelheiten von vielen Mikroskop-

herstellern nachgebaut. Das ist ein Beweis, daß mit dem erst-

malig Anfang 1933 auf den Markt gebrachten Mikroskop-

stativ ein neuer Abschnitt in der Formgebung des Mikroskop-

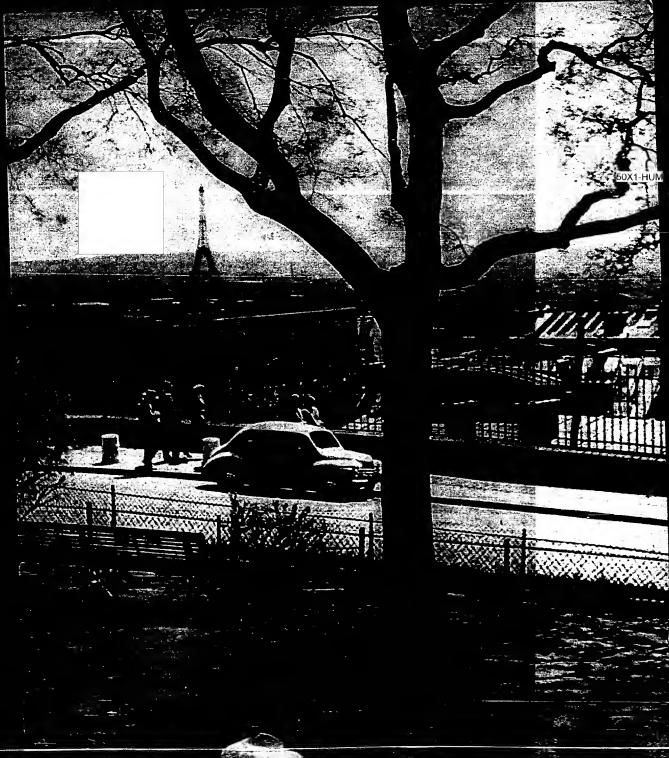
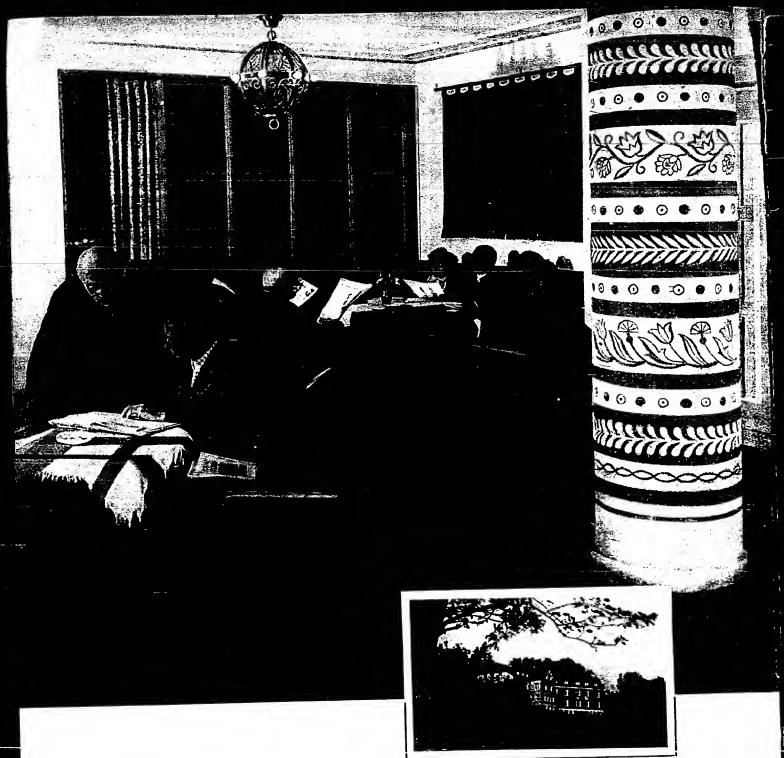
baus eingeleitet wurde. Es war unablässig auf dem Gebiet des

Wissenschaftlichen in jenseitiger Verwendung und bald auf dem

Markt erschien.







**J** m Berghotel „Steinhaus“ der Carl Zeiss-Stiftung, das als Urlaubsheim von unserem Werk unterhalten und betrieben wird, finden zu 14tägigen Urlaubseinheiten jeweils 100 Werkangestellte zum Preis von 35,- DM volle Pension. In 750 m Höhe am Adlersberg, nahe Schmiedefeld (Rennsteig) gelegen, erholen sich unsere Urlauber in frischer, wäriger, staubfreier Luft des Thüringer Waldes. Die gepflegten und geschmackvoll eingerichteten Räume des Berghotels bieten ihnen alle Bequemlichkeiten, eine sorgfältige Betreuung und Bedienung jede Entspannung. Im Ferienheim Scheibenberg des VEB Carl Zeiss JENA, in unserem Osterheide „Wald und See“ Köditz, im Wintersportheim Cossendorf, im Wanderheim am Rieseneck bei Kahl finden zu 14tägigen Urlaubseinheiten, aber auch zu Wochenendfahrten, jeweils weitere 102 Urlauber Aufnahme und Erholung.



## Leistungsfaktor und Empfindlichkeitsmessung bei Thermoelementen und Thermosäulen

Heribert Kostüm

**K.** Zu der Frage, welcher Leistungsfaktor<sup>1</sup> von Zapfenelementen, d. h. von solcher Konstruktion, wie sie heute für Hochleistungsempfänger am meisten angewandt wird, erreichbar ist, kann man unter Verwendung der in einem vorangegangenen Artikel [1] bereits angegebene Nomenklatur, die hierzu noch durch folgende Bezeichnungen erweitert sei:

$S_0$ ,  $k_1$ ,  $k_2$  = Weisemann-Franz'sche Konstante der verwandten Thermometalle (Volt/Ohm-grad<sup>-1</sup>);  
 $L_1$ ,  $L_2$  = Längenzahl der verwandten Thermometalle (Watt/Ohm-grad<sup>-2</sup>).

$A_1$ ,  $A_2$  und  $A_3$ ,  $A_4$  = Absorptionskoeffizient der Empfängerfläche bzw. Verlustfaktor des Eintrittsfensters,  $\mu$  = Thermokraft der verwandten Thermometalle [Volt/(p.u.°K)],

$\Theta$  = Absolut Temperatur [°K];  
 $R_{\text{St}}$  = Strahlungswiderstand der Empfängerfläche [gad-Watt<sup>-1</sup>];  
 $\alpha_1, \alpha_2$  = Thermometallzähler (dimensionslos),

folgendes aussagen:

Für die Empfindlichkeit  $S_0$  gilt die Gleichung

$$(1) S_0 = A \cdot p \cdot R_{\text{St}}$$

Unter der Voraussetzung, dass die Wärmeleitung und die Strahlung ebenso wie durch die Luftkanäle infolge nicht ausreichenden Wärmeübergangs gegen den Wärmeübergang durch die Thermoverbindungen zu vernachlässigen ist, wird

$$(2) R_0 = R_{\text{St}}$$

Johansen [2] hat für das optimale Verhältnis zwischen den elektrischen Widerständen der beiden Thermoverbindungen  $R_1$  und  $R_2$  und deren Wärmeleitwiderständen  $R_{\text{St}}$  und  $R_{\text{St}}$  folgende Bedingung aufgestellt:

$$(3) R_1 = R_{\text{St}}$$

$R_2 = R_{\text{St}}$

Unter Berücksichtigung, dass

$$(4) R_{\text{St}} = R_1 \cdot R_2 \approx R_2$$

$$(5) R_1 = R_2 = R_{\text{St}}$$

$$(6) R_1 = R_2 = R_{\text{St}}$$

ist, folgt aus (2), (3), (4), (5) und (6)

$$(7) R_{\text{St}} = (1/k_1 - 1/k_2) \approx R_{\text{St}}$$

Für die Zeitkonstante gilt

$$(8) T = V_2 \cdot R_{\text{St}}$$

$$(9) K_w = K_{\text{St}} \cdot T$$

Aus diesen Gleichungen folgt durch Einsetzen in Gleichung (3) der vorangegangenen Artikel [1]

$$(10) M = 1/K_{\text{St}} \cdot (1/k_1 - 1/k_2) \cdot k_1$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(11) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (10) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

(12)  $M = \frac{1}{V_2 \cdot \Theta \cdot K_{\text{St}} \cdot (L_1 + L_2)}$

Geling [3] hat den Begriff Thermometallzahl

$$(13) m = L_1 + L_2$$

eingeführt, aus Gleichung (12) jedoch erhält sich, dass es besser wäre, an dessen Stelle den Begriff

$$p_2$$

zu verwenden, da dieser bei guter Ausbildung der beiden Thermoverbindungen den mit den verwandten Materialien erreichbaren Leistungsfaktor bestimmt. Dass die Verwendung von  $m$  als Begriff nicht allgemein bestimmt ist, ist durch die Berechnung des Wirkungsgrades von Thermometallzähler von M. Tellez [4] und A. F. Joffe [5], in denen Gleichungen auf ähnlichen Gründen der gleichen materialbedingten Ausdruck auftreten. Setzen wir (14) in (12) ein, dann wird

$$(14) M = (1/L_1 + 1/L_2)$$

zu verwenden, da dieser bei guter Ausbildung der beiden Thermoverbindungen den mit den verwandten Materialien erreichbaren Leistungsfaktor bestimmt. Dass die Verwendung von  $m$  als Begriff nicht allgemein bestimmt ist, ist durch die Berechnung des Wirkungsgrades von Thermometallzähler von M. Tellez [4] und A. F. Joffe [5], in denen Gleichungen auf ähnlichen Gründen der gleichen materialbedingten Ausdruck auftreten. Setzen wir (14) in (12) ein, dann wird

$$(15) M = 0.47 \cdot A \cdot \frac{1}{V_2 \cdot \Theta \cdot K_{\text{St}}}$$

Für den Fall, das  $L_1$  annähernd gleich  $L_2$  ist, wird  $m = 2$  und damit bei Verwendung des mit Gleichung (12) gegebenen Begriffes:

$$0.47 \cdot A \cdot \frac{1}{V_2 \cdot \Theta \cdot K_{\text{St}}}$$

Die Leistungsfaktoren sind also in Abhängigkeit von  $m$  und den Bedingungen allein von  $A_1$  und  $A_2$  bzw.  $K_w$  abhängig.

Nehmen wir nun an, dass die Empfängerfläche aus einer Längsfolie von  $3.1 \mu$  Dicke besteht, wobei etwa das Äußerste darstellen dürfte, was technisch bearbeitbar wären, dann ergibt sich (mit  $C = 0.6 \text{ cal} \cdot \text{grad}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) heraus eine  $K_{\text{St}} = 2.5 \cdot 10^{-4}$ , hierzu kommt noch die Wärmeleitfähigkeit der Absorptionszähler, nach Kundmann [6] würden wir bei Anwendung der Formel ( $C = 3.68$ ) bei einer Schichtdicke von  $1.6 \cdot 10^{-4}$  cm komplette Materialverluste von  $60\%$ , Absorption erhältet, was also für  $A_1 = 0.6$  eine zusätzliche  $K_{\text{St}} = 4.6 \cdot 10^{-4}$  entspricht. Damit erhalten wir für Empfängerfläche plus Absorptionschicht (gesamt  $A = K_w = 7.1 \cdot 10^{-4}$ ), wenn wir annehmen dürfen, dass die zusätzliche Wärmeleitfähigkeit der Thermoverbindungen vernachlässigt wird,  $M = 0.47 \cdot A \cdot \frac{1}{V_2 \cdot \Theta \cdot K_{\text{St}}}$ .

Für das Eintrittsfenster, wobei wir dieses planparallel ansetzen, unter Verwendung von  $K_{\text{St}}$  und  $A_1$  und  $A_2$  und  $\Theta$  erhalten wir  $A_1 = 0.9$  rechnen und erhalten  $A_2 = 0.54$ .

Wenn es weiter stimmt, dass  $A_1 = 0.6$  ist, so erhalten  $K_{\text{St}} = 4.7 \cdot 10^{-4}$  entspricht. Damit erhalten wir für Empfängerfläche plus Absorptionschicht (gesamt  $A = K_w = 7.1 \cdot 10^{-4}$ ), wenn wir annehmen dürfen, dass die zusätzliche Wärmeleitfähigkeit der Thermoverbindungen vernachlässigt wird,  $M = 0.47 \cdot A \cdot \frac{1}{V_2 \cdot \Theta \cdot K_{\text{St}}}$ .

Für die Zeitkonstante gilt

$$(16) T = V_2 \cdot R_{\text{St}}$$

$$(17) K_w = K_{\text{St}} \cdot T$$

Aus diesen Gleichungen folgt durch Einsetzen in Gleichung (3) der vorangegangenen Artikel [1]

$$(18) M = 0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(19) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (18) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(20) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (20) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(21) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (21) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(22) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (22) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(23) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (23) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(24) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (24) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(25) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (25) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(26) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (26) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(27) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (27) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(28) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (28) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(29) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (29) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(30) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (30) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(31) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (31) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(32) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (32) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(33) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (33) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(34) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (34) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(35) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (35) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(36) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (36) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(37) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (37) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(38) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (38) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(39) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (39) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(40) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (40) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(41) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (41) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(42) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (42) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(43) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (43) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(44) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (44) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(45) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (45) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(46) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (46) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(47) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (47) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(48) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (48) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(49) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (49) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(50) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (50) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (3) einsetzen:

$$(51) L_1 = \Theta \text{ bzw. } L_2 = \Theta$$

ein, dann geht die Gleichung (51) über in:

$$0.47 \cdot A \cdot p$$

Ferner wir erste Gleichung (8) in Gleichung (

Strahlungsleistung ohne Bedeutung; da interessiert letzten Endes nur der Meßausschlag, der bei einer bestimmten zur Verfügung stehenden und auf den Empfänger gegebenen Strahlungsleistung erreicht wird. Wie dabei dieser Meßausschlag selbst erreicht wird, ob durch bessere Optik oder durch bessere Strahlungsempfänger, bleibt bei der Betrachtung von Hettner und Dahlke gleichgültig. Die Gleichung des Leistungsfaktors des Thermoelementes, aber bringt hierseits zum Ausdruck, daß die Empfindlichkeit  $S_0 = \frac{M \cdot \sqrt{R \cdot T}}{0.47 \cdot \sqrt{F}}$ .

Wenn also, wie es bei zweckmäßiger Auslegung des Empfängers möglich ist,  $M$  von  $F$ ,  $R$  und  $T$  weitgehend unabhängig bleibt, dann folgt daraus, daß  $S_0$  ungeteilt proportional  $\sqrt{R \cdot T}$  verändert werden kann, die Fläche somit vergrößert werden kann, um so größer wird  $S_0$ , und damit wird bei vorgegebener auf die Empfängerfläche konzentrierter Strahlungsleistung der Meßausschlag oder die Gesamtleistung der Strahlungs-

empfängerfläche so aufeinander abzustimmen, daß bei dem vorgegebenen  $R$  und  $T$ , die ihrerseits der Auslegung des Verstärkers und der Modulationsfrequenz, besser gesagt, von den Regelungstechnischen Daten des Meß- bzw. Registrierautomaten abhängen, ein Maximum für  $S_0$  zu erreichen.

II. Es sind in der Literatur zwar viele Stellen zu finden, in denen von der Empfindlichkeit der vorgestellten Strahlungsempfänger gesprochen wird. Sie haben aber alle den Mangel, daß nähere Einzelheiten über die Messung der selben entweder gar nicht oder nur spärlich gegeben werden. Aus den wenigen Literaturangaben ist zu entnehmen, daß die Strahlungsleistung, die Fläche somit vergrößert werden kann, um so größer wird  $S_0$ , und damit wird bei vorgegebener auf die Empfängerfläche konzentrierter Strahlungsleistung der Meßausschlag oder die Gesamtleistung der Strahlungs-

empfängerfläche kleiner anzuzeigen als sie theoretisch ist oder bei metallischer Verkleidung des Thermoelementes die Seitenflächen des Strahlungsempfängers, die nicht zur Strahlungsausbreitung auf die Empfängerfläche werfen, um eine größere Empfindlichkeit zu erhalten als tatsächlich vorhanden ist. Gleiches kann durch irgendwelche reflektierende Flächen im Innern des Thermoelementes bewirkt werden.

Alle verstärkten Einflüsse mittels Reflexionen aber haben mit der eigentlichen Empfindlichkeit des Empfängerelements selbst nichts zu tun, sondern haben lediglich als optische Mittel zur Konzentrierung der Strahlung zu gelten, die bei einer solchen Anwendung des Prinzips der Reflexion eine wahrscheinliche Erhöhung der Empfindlichkeit bewirken können, aber die für die Beurteilung der tatsächlichen Leistungsfähigkeit des Strahlungsempfängers selbst bedeutungslos sind. Beider Verwendung des Strahlungsempfängers, z. B. in einem Monochromator oder UR-Spektrometer, ist es die Aufgabe einer gut ausgelegten Optik, die gesamte zur Verfügung stehende Strahlungsleistung an die Empfängerfläche zu konzentrieren; bei der Lösung dieser Aufgabe sind aber solche reflektierende Flächen, wie sie oben beschrieben wurden, Widersprüchen zwischen solchen solch einfachen Methoden und exakten Messungen entgegenstehen, dafür ein Beispiel an einem häufig verworbenen Hochleistungsthermoelement mit Hefnerkerze ohne Abbildungsoptik ergab sich unter Zugrundeziehung der vom Hersteller angegebenen Empfängerfläche von  $F = 0.4 \cdot 0.02 = 0.008 \text{ cm}^2$  eine Empfindlichkeit von  $S_0 = 18 \text{ Volt} \cdot \text{Watt}$ , die mit dem im Prospekt angegebenen Wert übereinstimmte. Beide Werte wurden mit der oben beschriebenen Empfängerfläche im 100-Milliokskop abgelesen und ergab eine solche von  $F = 0.4 \cdot 0.07 = 0.028 \text{ cm}^2$ . Würde man diese  $S_0$  die Empfindlichkeitsrechnung einsetzen, dann würde  $S_0$  weniger als  $\frac{1}{3}$  des obigen Wertes fallen. Diese Rechnung aber ergibt für das betreffende Thermoelement eine geringere Empfindlichkeit als tatsächlich erreicht werden kann, weil die örtliche Empfindlichkeit über die Empfängerfläche, die nach den Rändern zu abfällt, nicht die Bedingung erfüllt, daß die gesamte Strahlungsleistung durch die Fläche geht. Bei Anwendung unserer exakten Methoden unter Beibehaltung auf die angegebene effektive Empfängerfläche von  $F = 0.4 \cdot 0.02 = 0.008 \text{ cm}^2$  ergäbe sich eine effektiv vorhandene Empfindlichkeit von 10 Volt-Watt. Da außerdem eine Zeitkonstante von 48 msec anstelle der angegebenen 30 msec festgestellt wurde, ergab sich ein wesentlich kleinerer effektiver Leistungsfaktor als laut Prospekt dafür zugesagt worden war, nämlich  $M = 0.23$ .

Unsere Meßanordnung ist mit der Stufenmethode vorgenommen, die in Bild 1 schematisch dargestellt ist. Es ist ein Hohlräumstrahler, der unter Berücksichtigung aller hierfür bekannten Bedingungen gebaut und mit geeigneten Diaphragmen 1 und Verschluß 3 ausgerüstet ist. In die Strahlungsquelle wirksame Innenwand ist ein vom DAMG geeigneter PtRh-Thermoelement T eingebaut worden, dessen Thermospannung über ein Präzisions-Millivoltmeter M gemessen wird. Gleichzeitig wird im Falle, daß einer Temperaturänderung eine Gleichstromquelle Q und durch einen ebenfalls vom DAMG geschaffenen Parameter P kontrolliert, wodurch exakt Veränderungen der Thermoelement-Temperatur rechtzeitig entdeckt werden können. Bei einer zweiten von uns benutzten Meßanordnung mit Temo-

raturen um  $250^\circ\text{C}$  wird die Temperatur regelmäßig durch mehrere Präzisions-Quicksilberthermometer kontrolliert, die durch die Öffnungen bis zum Innern der Strahler gesteckt werden. Durch die so genannte Fehltemperatur zur Strahlentemperatur praktisch ausgeschlossen. Die Öffnung des Strahlers wird über den Spiegel Sp I im Verhältnis 1:1 abgebildet, und zwar zur Vermeidung astigmatischer Fehler unter möglichst kleinen Neigungswinkel  $\varphi$ . An der Stelle dieses Bildes befindet sich die Spaltblende B, die nach Länge und Breite so eingestellt wird, daß sie eine etwas kleinere Fläche als die Empfängerfläche ergibt. Dieser Spalt wird durch den Vorsatzspiegel Sp II auf die Öffnung des Strahlers und somit auf das Spiegel Sp II auf die Empfängerfläche E selbst abgebildet.

Der Strahlungsempfänger ist auf einer solchen Montierung befestigt, daß er feinfühlig nach Seite, Höhe, Entfernung von Sp II und um seine eigene Achse zu verstehen ist. Mit Hilfe dieser Verstellungen ist der Empfänger mit größter Sorgfalt so einzustellen, daß die am Kompressionswiderstand R2 ablesbare Spannung U ihr Maximum erreicht. Dabei ist dann, unter den Voraussetzungen, daß die Abschirmung hinreichend klein ist und die Spaltbreite so gewählt ist, daß sie kleiner ist als die Empfängerfläche, gesichert, daß nicht mehr und nicht weniger als die gesamte durch den Spalt kommende Strahlungsleistung auf die Empfängerfläche auftrifft.

Bei der Justierung des Spiegels, der Blende und des Empfängers geht man bei niedrigen Strahlungstemperaturen am besten vor, daß man die Öffnung des Diaphragmas mit transparentem Papier überspannt, auf dem als Justiermerke ein Kreis gezeichnet ist, der die Empfängerfläche abdeckt. Dieser Kreis wird durch eine Glühlampe beleuchtet wird. Man kann dann die scharfe Abbildung am Ort des Spaltes und am Ort des Strahlungsempfängers durch Auflegen des Bildes auf eine Mattschreibe kontrollieren. Die vom Empfänger abgebende Spannung U wird nach dem dargestellten Schema mittels Komensation gemessen, wobei zu empfehlen ist, den Schalter S für die Kompressionsspannung mit dem Verschluß V des Strahlers zu koppeln, so daß Gleichzeitigkeit zweier Änderungen des Strahlers und Einschalten der Kompressionsspannung erreicht wird. Das Galvanometer G wird dann als Nullinstrument bei richtiger Justierung praktisch in Ruhe bleiben.

Da auf den Sp I auftreffende Strahlungsleistung errechnet sich wie folgt: Nach dem Stefan-Boltzmannschen Strahlungsgesetz ist die von der Flächeneinheit eines schwarzen Körpers mit der absoluten Temperatur  $\Theta^\circ\text{K}$  nach einer Seite abgestrahlte Leistung

$$(17) S = \sigma \cdot \Theta^4$$

und verteilt sich in einer noch zu ermittelnden Weise auf die Halbkugel mit dem Radius  $a$ . Dabei ist die Strahlungsquelle auf jedem Breitkreis dieser Halbkugel mit einem Breitenwinkel  $\theta$  konzentriert. Die Strahlungsleistung pro Einheitsfläche pro Längeneinheit  $a \cdot \theta$  ergibt sich unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Öffnung von jedem Punkt des Breitkreises  $\theta$  als  $f \cdot \cos \theta$  erscheint, ein Strahlungsflußelement

$$(18) \Phi = f \cdot \sigma \cdot \Theta^4$$

und verteilt sich in einer noch zu ermittelnden Weise auf die Halbkugel mit dem Radius  $a$ . Dabei ist die Strahlungsquelle auf jedem Breitkreis dieser Halbkugel mit einem Breiten-

(Fortsetzung Seite 61)

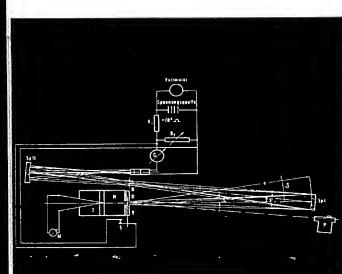


Bild 1: Schema der Meßanordnung für absolute Empfindlichkeitsmessungen. 1 Wasserkühler, 2 Verschlußblende, 3 Haken mit Thermoelement, 4 Galvanometer.

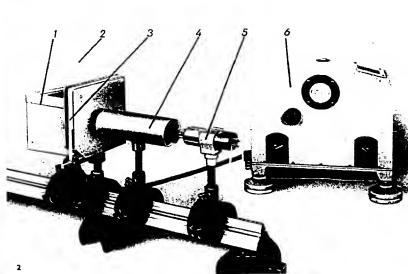


Bild 2: Apparatur für relative Empfindlichkeitsmessungen. 1 Wasserkühler, 2 Verschlußblende, 3 Haken mit Thermoelement, 4 Galvanometer.

meßanordnung um so größer, je kleiner die Empfängerfläche werden kann.

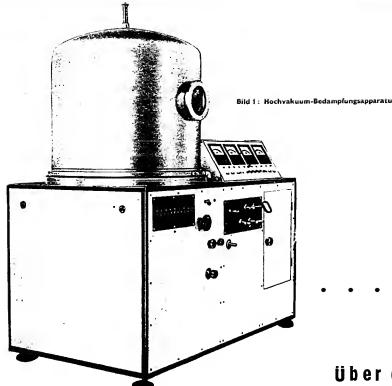
Eine solche Verkleinerung der Empfängerfläche hat aber selbstverständlich nur Sinn, wenn es mit Hilfe optischer Mittel gelingt, die gesamte Verstrahlung so zu konzentrieren, daß die Empfängerfläche zu einem so kleinen Anteil der verwendeten optischen Mitteln würde infolge schlechter Abbildung ein Teil der Strahlungsleistung an der Empfängerfläche vorbeigehen und dadurch für den Meßausschlag verloren gehen.

Wie bereits in dem vorangegangenen Artikel ange deutet wurde, kann eine solche einfache Meßmethode nicht als exakt anerkannt werden und zu einwandfreien Vergleichsvergleichen zwischen Empfänger verschiedenen Konstruktionen führen. Daß diese Behauptung richtig ist, ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, daß es schon genügt, bei dieser Meß-

methode die effektive Empfängerfläche kleiner anzuzeigen als sie theoretisch ist oder bei metallischer Verkleidung des Thermoelementes die Seitenflächen des Strahlungsempfängers entweder gar nicht oder nur spärlich gegeben werden. Aus den wenigen Literaturangaben ist zu entnehmen, daß die Strahlungsleistung, die Fläche somit vergrößert werden kann, um so größer wird  $S_0$ , und damit wird bei vorgegebener auf die Empfängerfläche konzentrierter Strahlungsleistung der Meßausschlag oder die Gesamtleistung der Strahlungs-

empfängerfläche so aufeinander abzustimmen, daß bei dem vorgegebenen  $R$  und  $T$ , die ihrerseits der Auslegung des Verstärkers und der Modulationsfrequenz, besser gesagt, von den Regelungstechnischen Daten des Meß- bzw. Registrierautomaten abhängen, ein Maximum für  $S_0$  zu erreichen.

II. Es sind in der Literatur zwar viele Stellen zu finden, in denen von der Empfindlichkeit der vorgestellten Strahlungsempfänger gesprochen wird. Sie haben aber alle den Mangel, daß nähere Einzelheiten über die Messung der selben entweder gar nicht oder nur spärlich gegeben werden. Aus den wenigen Literaturangaben ist zu entnehmen, daß die Strahlungsleistung, die Fläche somit vergrößert werden kann, um so größer wird  $S_0$ , und damit wird bei vorgegebener auf die Empfängerfläche konzentrierter Strahlungsleistung der Meßausschlag oder die Gesamtleistung der Strahlungs-



## Über die Haltbarkeit und sachgemäße Behandlung optischer „Vergütungs-Schichten“

Muhammad Rabbani

Der Begriff „Vergüten“ erinnert an bekannte huttenkundliche Verfahren, die zur Verbesserung der Festigkeiteigenschaften metallischer Werkstoffe, z. B. zur Härtung von Stählen und

Auch bei der „optischen Vergütung“, die Gegenstand dieses Aufsatzes ist, handelt es sich um das Ergebnis von „Veränderungen“ der Eigenschaften eines Werkstoffes — des Glases —, allerdings nicht in dem Sinne einer Strukturumwandlung des Materials, wie das beim metallurgischen Vergütungsprozeß der Fall ist; vielmehr interessieren hier allein die optischen Oberflächeneigenschaften. Die Glasoberfläche zeigt ja bekannte Gesetzmäßigkeiten im Verhalten

theoretische Erkenntnisse, über deren optische Wirkung können sie hier aber nicht behandelt werden. Über diese Themen findet man in der Fachliteratur Angaben in jeder gewünschten Ausführlichkeit (v. Litteraturverzeichnis). Vielmehr werden in den folgenden eine Reihe von Fragen geklärt und Hinweise gegeben, die nach unserer Erfahrung für die Benutzung „be schichteter Optik“ wichtig sind. Dabei werden wir uns im Antritt der Vielzahl der verschiedenartigen unsichtbaren Konstruktionslemente, die auf der Grundlage der optischen Schichten entwickelt wurden und auf Grundlage sind, auf zweckmäßige optische „Vergütungssysteme“ beschränken, um denen der Benutzer optischer Geräte und Instrumente am häufigsten

zu tun hat.

**Reflektierende Schichten (Zeiss, "T-Belag")**  
 Eine reflexionsvermindernde Schicht bewirkt, wie der Name sagt, eine Verringerung der von der Glasoberfläche reflektierten Lichtintensität; man kann auch von einer farblosen, staubdichten, Reflexionsabschaltung oder „Entspiegelung“ des Glases sprechen. Durch diese Maßnahme wird eine beträchtliche Verbesserung der Gesamtfunktion des optischen Systems erreicht, indem durch Beseitigung der Reflexionen die Lichtintensität der Bildkontrast merklich erhöht und die Lichtintensität des durch das System hindurchtretenden Lichtes gesteigert wird, um nur die wesentlichen Vorteile der Reflexionsminderung zu nennen.

An die Einspielungserscheinungen werden eine Reihe von Qualitätsfordernungen gestellt, deren befriedigende Erfüllung die Güte der Spuren und die Zuverlässigkeit der Verfahren bestimmt. Charakteristisch sind: Einmal müssen die optischen Schichteneigenschaften so abgesenkt sein, daß die theoretische Interferenzbedingungen für Reflexionsauslöschung möglichst gut angenähert werden, doch interessiert diese Aufgabe in folgenden wenigen. Zum anderen sollen die Schichten wieder standsfähig sein gegen mechanische Beanspruchung und gegen chemische Angriffe, wie sie bei normaler Verwendung auftreten können.

Auf die ständige Gütesteigerung der optischen Beschichtungen wird im VEB Carl Zeiss Jena seit der ersten produktionsfähigen Anwendung des T-Balges allergrößter Wert gelegt, mit dem Ergebnis, daß die Belege heute eine hohe Widerstandsfähigkeit aufweisen. Ihre „Härte“ und „Abriebfestigkeit“ ist erstaunlich. Sie kann durch die Anwendung des Entspiegelungsverfahrens, ein sogenanntes „Kleinen der beschichteten Flächen, ohne daß eine Abschürfung oder Stärkebeschädigung befürchtet werden muß. Tretet trotzdem (z. B. an den Vorderflächen von Photoblocken) im Laufe der Zeit, auch nach häufigem Reiben, eine Kratzspur auf, so liegt dies meist daran, daß beim Saubern unbemerkt eine Reihe von kleinen Kratzspuren entstanden sind, welche die Kratzfestigkeit des Beleges überwunden haben. Diese Vorsicht ist deshalb geboten, da die beschichteten Flächen erfahrungsgemäß zu sehrhinen feinen Beschädigungen führen, die in diesem Fall mit dem unbewußten und ungeschulten Auge kaum wahrgenommen werden. Man bedenkt in diesem Zusammenhang, daß Sandkörner, vorwiegend Quarzkristalle sind, die eine hohe „Ritzhärte“ besitzen. Beide Kratzspuren sind durch die soeben erwähnten Kräfte, T-Balge auf der Optik, verhindert. Nachteile für die Leistung des optischen Systems auf Fertigung haben, so bedeuten sie aber doch unerhebliche Schönheitsfehler, die vermeidbar sind, wenn man sorgfältig auf größte Sauberkeit (Sauberheit des Putzapparates und gegebenenfalls vor dem Wischen) die Optikoberfläche abpinselt oder auf Zurufen von „Ritzkörnern“ unbehoben bleibt. Es ist aber genau auf zweckmäßige Beschaffungen zu achten, um nicht nur auf zwecklose Beschaffungen zu verzichten. Optikoberflächen entstehen können, so wird man zweifellos davon abraten. Hinweis: entstehende „Scheren“ und „Wellen“ wiederspiegeln.

in der Literatur häufig überprüft dargestellten Vorsichtsmaßnahmen beim Reinigungsprozeß werden überflüssig. Für die Güte des modernen Zeiss-T-Belages ist es daher ausreichend, daß seit Jahren keinerlei Klagen über „mechanische Beschädigungen“ der Schichten geführt werden. In Gegenwart: Fast jeder interessierte Benutzer einer optischen Geißel ist überzeugt, wann ihm die hohe Abriebfestigkeit des T-Belages an unserer Müh und Prüfgeräten, mit denen uns laufend Testungen vorgenommen werden, gezeigt wird.

geschoßnen – echten mechanischen Beschädigungen des T-Belages treten jedoch auch eine Reihe von scheinbaren Schäden auf (in unserem Sprachgebrauch „Geister“) genannt. Über diese eine kurze Aufklärung von Wert ist! Berliner „Geister“ sind z.B. die sogenannten „Teufelszähne“ (entstanden durch nicht festigende Thermoplaste) und die sogenannten „gebrochene Röhre“ der liegenden Optikfläche des Endstücks, erwerben, als sei dort, der Belag mehr oder minder vollständig „weggezischt“. Der Belag zeigt z.B. den Abdruck einer Schweißflingers auf einer zur Hälfte mit T-Belag verkleideten Optikfläche. (Die linke Hälfte ist der unbekleidete Bereich, damit aufgespiert). Ich fotografieren würde: der Heligentherapiebereich, Bereich ohne Optik, ist gleichzeitig die einzige optische Entfernung, die der Patient auf der Dorsalität „beschädigte“ Schichten sind uns schon häufig in der Frage vorgelegt werden, was nun zu tun sei. Die Antwort hierauf erteilte B.D., welches das gleiche Glas sagt, nachdem der Fingeraabdruck durch Waschen mit einem sauberen Lappen etwa zur Hälfte wieder entfernt wurde: Es hat sich also lediglich um eine additive Verunreinigung der Optikoberfläche gehandelt, die ohne Schwierigkeiten zu beseitigen ist.

Wie ist nun aber diese Erscheinung der scheinbaren Schichtablösung zu erklären? Die Reflexionsschicht des T-Belages ist wirksam für die Grenzfälle zwischen den beiden optischen Medien Glas und Luft, und der T-Belag ist nach Dicke und Brechzahl auf diese beiden aneinander grenzenden Medien abgestimmt. Die auf den Belag aufgebrachten mit ihm zusammenhängenden „Geister“ sind jedoch nicht so dicht und so fest wie oben beworben, daher kann optische Systeme, die den T-Belag nunmehr nicht zwischen Glas und Luft, sondern zwischen Glas und ein Medium „scheitern“, das von schwach

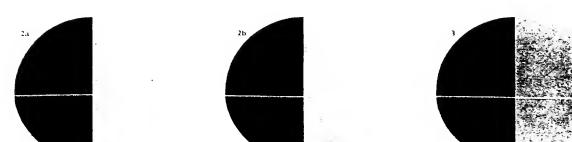
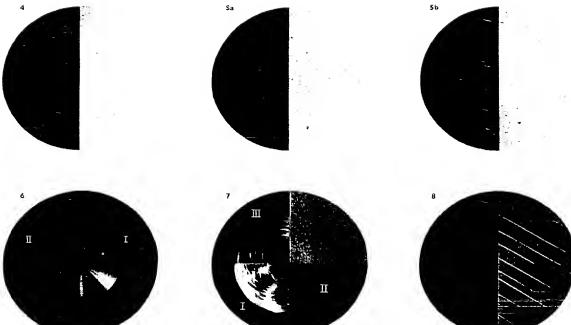


Bild 2: a) Fingerabdruck auf T-Belag, b) Der gleiche Fingerabdruck zum Teil durch Wischen entfernt – Bild 3: Fettverschmierung auf einer zum Teil mit T-Belag versehenen Glasfläche, die durch ein Fleckschäfferl der entzweigete Bereich.



Bei D 6 Durch Brüderung mit Augmentinen aufgetragene Verzierung auf T-Bild: Bild 4: a) Oberfläche und Glasoberfläche, die zur Halle mit 1. verbinden ist, b) Ohrstangen zum Teil durch Wischen entfernt; Bild 6: Bebräuchung eines Oberflächenpfeils durch rettendes und belastendes Wischenstempel, Flaschenhals 1; Aluminiumblech ohne Schutzschicht, Bild 7: Bebräuchung eines Oberflächenpfeils durch rettendes und belastendes Wischenstempel, Sektor 1: Aluminium + seidewiderstandsfähige Schutzschicht, Sektor 2: Bebräuchung eines Aluminiumblechs ohne Schutzschicht, Sektor 1: Aluminium + seidewiderstandsfähige Schutzschicht, Sektor 2: Aluminium – weniger widerstandsfähige Schutzschicht (vgl. Text); vierter Sektor abgedeckt; Bild 8: Kratz- und Erosionsverschleiß, die zur Halle (rechter Bereich) mit einer hochfestereitenden Beschichtung verbinden ist; Bild 9: Zur Halle verspiegelte Glasoberfläche.

der Luft-mechisch unterscheidet. Damit wird aber die optische Wirkung, das T-Belag mehr oder minder vollständig aufgehoben, es entsteht der Eindruck, als sei das Glas an diesen Stellen unbedingt, als habe sich der T-Belag „gesperrt“. „Geister“ beim T-Belag lassen sich in manifester Weise demonstrieren. Auf Bild 3 ist wieder eine zur Hälfte gespiegelte Glassplatte zu sehen; über die Grenze zwischen den beiden Zonen breitet sich eine verschwommene Fettschicht aus. Die Fettschicht ist auf der gespiegelten Seite deutlich sichtbar, auf der ungespiegelten Seite nicht. „Fettwirkung“ ist ein Begriff, der in der Praxis sehr oft benutzt wird. „Fettwirkung“ ist ein Begriff, der in der Praxis sehr oft benutzt wird, „unbetont“, bemerkt der auf der anderen Fischseite eine „Fettwirkung“. „Fettwirkung“ ist eine relativ geringfügige Wirkung. Bild 4 zeigt einen Augenwimpern aufgetragene steife (fetthaltige) „Fremdschicht“, wie sie an den Okularlinsen von Instrumenten für Augenbeobachtung leicht auftreten kann. Die Gläser, welche Bild 5 zeigt, blieben beim Operieren auf die Brille Staub und einfachen Weiseln in einem begrenzten Bereich anhaften. Zusammenfassend und ergänzend läßt sich folgendes sagen: Ausgedehnte (verunreinigende) Fremdschichten auf den T-Belag können eine Störung der erwünschten Entspiegelung bewirken. Dieser Effekt ist physikalisch begründet und bei allen Optikverspiegelungsverfahren grundsätzlich unvermeidbar. Die Optikspiegeloberfläche verhält sich dann annehmend so, als sei

die Verunreinigung unmittelbar auf die Glasfläche aufgebracht. Nach Entfernen der Fremdschicht wird die gleichmäßige reflektierende Wirkung wieder erreicht. Handelt es sich bei den Verunreinigungen um dicke Fettsschichten, um festhaftende Teilchen, z. B. eingedrückte, mit dem Staub in die Atmosphäre versetzte Fettreste oder ähnliches, so wird man durch einfaches trockenes Wischen wieder und wieder nach Zielen kommen oder möglicherweise die Verunreinigung nicht mehr entfernen können. In diesem Falle kann man einen Lösungsmittelstrahl auf die Verunreinigung richten. Es besteht dann der Wunsch, beim Reinigen auf einige empfängende Mittel anzuwenden. Das führt uns zur Frage eines „chemischen Beständigkeits“ des T-Belages. Zunächst ist festzustellen, dass leichtflüchtige fettende Mittel wie Alkohol, Äther und reines Benzin für die Zwecke befeindlich an- gewendet werden können. (Da diese Mittel selbst nicht festhaftend an der Oberfläche sind, wird man die Flüssigkeit „ver- schmiert“, versteht sich von selbst.) Auch reines Wasser kann die Verunreinigung nicht entfernen, sondern verschmutzt oder zerstört chemisch oder physikalisch voneinander verschiedene An- hauchten tute Dienste. Andernfalls müsste die Oberfläche vor der Einwirkung vom chemisch aggressiven Flüssigkeiten wie konzentrierten Säuren und Laugen geschützt werden. Dabei ist meist nicht einnahmbar, so sehr die Angriffskraft des T-Belages selbst maßgebend wie die der darunter liegenden Glases: Bekanntlich werden

die optischen Gläsern nach Säure- und hydrolytischen Klassen eingeteilt, man kann entnehmen kann, daß die Gläser selbst, ebenso wie die Gläser der anderen Gruppen, einsteigernden ist. Da der T-Belag aber nur eine außerordentlich geringe Dicke besitzt (bei beträchtlichem genau ein Zehntausendstel eines Millimeters), können gegen sie Flüssigkeiten durch vorhandene winzige Poren der Entzerrungsschichten zur Glassoberfläche diffundieren und im Laufe der Zeit Zersetzerungen verursachen. In derartig angegriffenen Bereichen des Glases treten dann häufig farbige Flecke auf, weil die in dünnen Oberflächenabschichten andere Gläserneigungen und -vermögen als die übrigen Schichten hervorruhend hervorzuheben sind, um das zu vermeiden, sollte die Optik gründlich gereinigt werden, wenn Säurepräziser oder *aliquer* unvermeidbar waren.

Zusammenfassend und ergänzend an „chemischen Beständigkeit“ des T-Belags kann gesagt werden, daß aus kurzerzeitiger Anwendung chemisch „neutraler“ Reinigungsmittelein keine Nachteile bzw. während chemisch aggressive Substanzen (aber auch die tagelange Einwirkung von Wasser auf Gründen einer stellenweisen „Auslösung“) bei empfindlichen Gläsern zur Fleckenbildung führen können.

Wir wenden uns  
..Vergütungssyst...

**Oberflächenspiegel**  
Hochwertige Abbildungsspiegel müssen im Gegensatz zu den aus dem täglichen Leben bekannten einfachen Gebrauchsspiegeln als Oberflächenspiegel ausgebildet werden. Zur Oberflächenverspiegelung werden lichtdurchlässige Metallschichten im Hochvakuum auf die Vorderfläche des Glases aufgebracht.

Den ersten Schichten, vor noch nicht alaum langer Zeit an auffallend empfindliche optische Kontrastelemente, die aus diesem Grunde nur mit Zurückhaltung benutzt wurden. Das Reinigen eines Oberflächenegesohns stärkere Beschädigung war früher, auch unter Beachtung größter Vorsicht, so gut wie unmöglich, bereit die Staubunterfangen durch Anpassen der Zeit zu sorgen, die die Entfernung des Bildes auf der Glasfläche liegen. Dinge ungewöhnlich gelang. Als metallischer Schutzbeschichtung wird Auswahl weniger seiner guten optischen Eigenschaften und seine relativ hohen Härtfestigkeit bevorzugt. Die Bindungsfestigkeit zwischen Metallbelag und Glasfläche wird durch langjährig erprobte technologische Maßnahmen noch weiter erhöht und die sich daraus ergebende Ausdauer ist erstaunlich. Die Schutzbeschichtung ist sehr dünne, aber harte und sprödlich wirksam. „Schutzschichten“ gehen mechanische Beschädigungen vor. Gerade in den letzten Jahren sind bei uns auf diesem Gebiet entscheidende Fortschritte erzielt worden, die

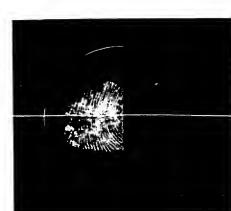
folgenden anschaulich demonstriert werden sollen.

Im Bild 6 ist ein Aluminium-Oberflächengipfel wieder gegeben, wobei auf den einen Hälfte des ungeschützten Metallbaus tritt, während die andere Hälfte mit einer von uns neuendringt angewandten besonders widerstandsfähigen Schutzschicht versehen ist. Beide Bereiche wurden gleichzeitig durch den über die Schichtgrenze hinweggleitenden (rotierenden) und belasteten Witschenspatel eines Prüfgerätes auf ihre mechanische Widerstandsfähigkeit hin geprüft. Während auf der ungeschützten Seite stärkste Witschespuren zu sehen sind, ist die andere Seite frei von jeder Ver-

letzung gebietet. Der Spiegel Bild 7 zeigt das Ergebnis be- Anwendung der gleichen „Weissblechschicht“ auf zwei gleichen und unbeschichteten Stahl-Blöcken mit den gleichen Schraublöchern (Faktor 1) und einer Faser fast aus gleichem Material angewandt, etwas weniger widerstandsfähigen Schutzschicht (Sektor 10). Der erreichte hohe Stand des Schutzschutzes durch die zusätzlich aufgebrachten Schichten lässt sich aus dieser Darstellung gut übersehen. Für die Reinigung eines in Schutzschicht versenchten Oberflächengleis' gelten sinngemäße Aussagen wie für den T-Belag. Eines ist allerdings noch kritischer: Man muß wissen, daß jede Verletzung, jeder Kratzer und jede Verunreinigung auf einer hoch reflektierenden Fläche sitzt und ist wieder in Erscheinung zu bringen. Das ist der nicht verspiegelte Bereich. Diese Aussage wird durch Bild 8 verdeutlicht. Auf einem reinen polierten unbefeuerten Glas wurde eine gleichmäßige Kratzspur angebracht, anschließend wurde zur Hälfte ein Verspiegelungsbild aufgedampft, so daß die Kratzer zum Teil von der Metallschicht „überdeckt“ sind. Während die Verletzungen auf dem unbefeuerten Bereich so gut wie nicht wahrzunehmen sind, treten sie in der verspiegelten Bereich sehr deutlich hervor. Die Reflexionsmöglichkeit paßt sich nämlich auf Grund ihrer außerordentlich geringen Dicke (sie beträgt etwa ein zehntausendstel Millimeter) allen Unstetigkeiten der Unterlage ideal an, so daß an solchen Unstetigkeitenstellen der Glasoberfläche die Kratzer deutlich hervortreten. Um die Kratzer durch Verunreinigungen im Glas oder im Spiegelbelag optisch scharf von der Umgebung absetzen, entsprichtend dem Vorschlag Bild 9 an einem Schweißfingerring-Abdruck. Diese Tatsache zwang zu der Forderung, beim Reinigen eines Oberflächengleis' noch pünktlicher auf Sauberkeit des Putzutensils oder - des Tuches zu achten als beim T-Belag notwendig ist.

## Zusammenfassung

Es wurde über die sachgemäße Behandlung optischer Vergütungsschichten im praktischen Gebrauch berichtet, wobei Entspiegelungs- und Verspiegelungsbeläge als die häufigsten optischen Schichtelemente besondere Beachtung fanden. An mehreren Beispielen wurde eine Reihe echter wie scheinbarer Fehlurteile gezeigt. Beim heutigen hohen Stand der optischen



tischen Vergütungstechnik werden keine praktisch unerfüllbaren Vorsichtsmaßnahmen für die Behandlung vergüteter Optik gefordert; es muß jedoch Verständnis für die Funktion optischer Schichten aufgebracht werden, um Beschädigungen zu vermeiden bzw. Schäden zu beseitigen.

#### Literatur über dünne optische Schichten

a) Größere zusammenfassende Arbeiten:

H. MAYER, Physik dünner Schichten, Bd. I, Wiss. Verlagsgesellschaft, Stuttgart (1950).

G. V. ROSENKRANZ, Die Vielfachstrahlinterferometrie und die Interferenz-Lichtfilter, Fortschritte der phys. Wiss. (sowjet.) 47 (1952), 2, 173.

S. MAYERSESS, Dünne Schichten, VEB Wissenschaftsverlag, Halle (1953).

O. S. HALL, Optical properties of thin solid films, Butterworths Scient. Publ., London (1955).

A. VAVIČEK, Optika tenyckých vrstev, Nakl. Česk. Ak. Věd, Praha (1956).

H. PÖHLACK, Dünne optische Schichten - Über die Aufgaben der optischen Glasvergütung, Feingerätetechnik 4 (1957).

b) Nauvare Einzeldarstellungen auf dem Bereich des VEB Carl Zeiss JENA:

K. SCHÜSTER, Anwendung der Vierpoltheorie auf die Probleme der optischen Reflexionsminderung, Reflexionsverstärkung und der Interferenzfilter, Ann. Phys. 6 (4) (1949), 352.

S. BUCH, Oberflächenvergütung von photographischen Linsen, Z. Wiss. Photogr. 45 (1949), 124.

H. PÖHLACK, Theoretische und graphische Methoden zur Lösung optischer Interferenzprobleme bei dünnen Schichten, Ann. Phys. 6 (4) (1950), 311 und Jenaer Jahrbuch 1950, 125.

S. BUCH, Umar die Farbe reflexionsmindernder Schichten, Z. Wiss. Photogr. 45 (1950), 212.

S. BUCH, Optische Messungen an aufgedampften reflexionsmindernden Einfachschichten, Jenaer Jahrbuch 1951, 137.

H. PÖHLACK, Zur Unkehrbarkeit der Lichtwege in geschichteten Medien, Ann. Phys. 6 (11) (1952), 145.

H. PÖHLACK, Zum Problem der Reflexionsminderung optischer Gläser bei nicht senkrechtem Lichtenfall, Jenaer Jahrbuch 1952, 103.

H. PÖHLACK, Die Synthese optischer Interferenzschichtsysteme

mit vorgegebenen Spektraleigenschaften, Jenaer Jahrbuch 1952, 181.

H. PÖHLACK, Beitrag zur Theorie optischer Interferenzschichtsysteme mit vorgegebenen Spektraleigenschaften, Ann. Phys. 6 (11) (1953), 383.

H. PÖHLACK, Beitrag zur Optik dünner Metallschichten, Jenaer Jahrbuch 1953, 241.

H. PÖHLACK, Die Darstellung wellenoptischer Vorgänge in Interferenzschichtsystemen mit Hilfe linearer Wechselstromschaltungen zu Meß- und Demonstrationszwecken, Feingerätetechnik 2 (1953), 499.

H. PÖHLACK, Über homogene Zweifachschichten zur Reflexionsminderung und deren Anwendbarkeit in der Praxis, Jenaer Jahrbuch 1953, 144.

S. BUCH, Verminderung von Lichtverlusten und Kontraststörungen bei optischen Geräten, Feingerätetechnik 3 (1953), 751.

H. PÖHLACK, Über die Lichtabsorption in durchdringlichen Metallschichten, Jenaer Jahrbuch 1954, 76.

H. PÖHLACK, Über die Lichtleitung durch dünne Metallschichten, Jenaer Jahrbuch 1954, II, 430.

H. PÖHLACK, Über die Lichtleitung (Entspiegelung), Beitrag im „Handbuch f. d. Werkleiter“.

H. PÖHLACK, Beitrag zur Theorie optischer Interferenzschichtsysteme mit vorgegebenen Spektraleigenschaften, Abdruck in: Optics of Thin Layers, Tokyo 1955.

H. PÖHLACK, Zur Theorie der absorptionsfreien achromatischen Lichtstreuungsspiegel, Jenaer Jahrbuch 1956 im Erreichen.

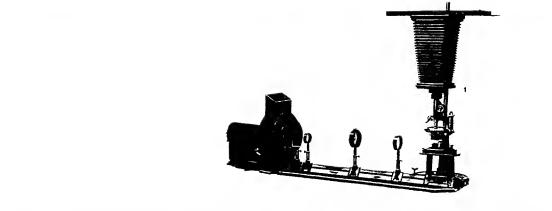
H. PÖHLACK, Über die reflektionsvermindernde Wirkung dünner Metallschichten auf Glas, Jenaer Jahrbuch 1956 im Erreichen.

H. PÖHLACK, Synthese stauartig tenyckých vrstev s danou spektrální propustností (Über Methoden zur Synthese dielektrischer Interferenzschichtsysteme mit vorgegebener spektral-Durchlässigkeit), In: Vavíček, Optika tenyckých vrstev, Praha 1956, 274 - 282.

H. PÖHLACK und H. KORN, Zur Anwendung trichromatischer Interferenzschichtsysteme beim Farbenherstellen, Jenaer Jahrbuch 1957 im Erreichen.

H. PÖHLACK und S. SROČEK, Untersuchungen an optischen Glasoberflächen vor der Hochvakuumbedampfung, Jenaer Jahrbuch 1957 im Erreichen.

H. PÖHLACK, Die Synthese optischer Interferenzschichtsysteme



#### Die Zeiss'schen Geräte für Fluoreszenzmikroskopie

Ludwig Otto

Die Fluoreszenzverfahren wurden vor mehr als 40 Jahren in die Mikroskopie eingeführt und erfreuen sich seitdem einer immer steigenden Beachtung. Es gibt heute kaum eine mikroskopisch interessante Disziplin der biologisch-medizinischen Wissenschaften, die nicht mit dem Fluoreszenzmikroskop spezielle Untersuchungen des Lumineszenz- oder Fluoreszenzmikroskop benutzt. Beide Bezeichnungen gelten für das gleiche Gerät, sie beziehen sich nur auf eine konventionelle getroffene Unterscheidung in den Vorgängen der Energieumsetzung im Objekt.

Im allgemeinen sollte man von Fluoreszenzmikroskopie aussprechen, da sich die auf Objekt beobachteten Lichterscheinungen weniger von einem direkten Einwirkung der Strahlung auf das absonderliche Fluoreszenzobjekt unterscheiden.

Die Phosphoreszenz, die erst nach Ablösen der Erregungsstrahlung sichtbar wird, ist eben ein Nachleuchten, das bisher wesentlich seltener das Interesse der Mikroskopier gefunden.

Dieser rein zeitmäßig bedingte Unterschied in der Strahlung des Objekts, es soll daher im folgenden die Bezeichnung „Fluoreszenzmikroskop“ benutzt werden, ist katalogmäßige Bezeichnungen verwendet werden müssen.

Jedes Fluoreszenzmikroskop besteht aus einem im kurzweligen Spektralbereich bis etwa  $2 = 435 \text{ nm}$  möglichst intensiven Lichtquelle, einer Lernanlage mit verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten und einem Mikroskop, dessen optische Ausrichtung fluoreszenzfrei und zum Teil wenigstens für die jeweils erforderliche Wellenlänge der Erregestrahlen durchlässig sei. Denselbe Bedingungen gelten für Objektträger und Abseitungen, insbesondere, während Durchsetzen und Immersionsöl nur fluoreszenzfrei zu sein brauchen. Die moderne Fluoreszenzmikroskopie benutzt zwei unterschiedliche Wellenlängenbereiche für die Erregestrahlung, die mit entsprechender Filtern aus dem Gewebszuckruck der Strahlung, welche herausfiltert werden, das Ultraviolet und das Blau.

Folgende Beobachtungsmethoden sind heute weit verbreitet:

1. Die Beobachtung der Primär- oder Eigenfluoreszenz, die im unbelichteten Objekt, zum Beispiel in einem unfixierten Gefrierschnitt, oder in einer u. a. zum Aufschwund und zur Lokalisierung bestimmter Stoffe benutzt wird.

2. Die Methode der Fluorochromierung, die eine sogenannte Übertragung histologischer Färbemethoden auf Fluorochrome,

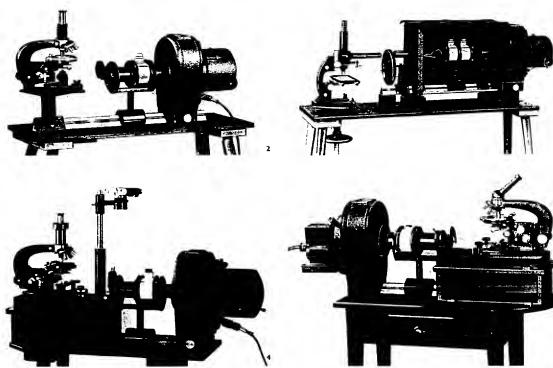
... die Schranken der eigenen Kraft nicht erreichen können, aus der Erkenntnis optische Schranken aber nicht Entmehrung zu trennen, sondern den Antrieb zum Fortsetzen, durch auch das erkennt die Beobachtung ist auch ein Vortrag (1952), ... sehr viele Sprüche es reicht

... In der Tat gibt es keine schriftliche Probe auf die Richtigkeit und Vollständigkeit wissenschaftlichen Theorien als den Versuch, mit ihrer Hilfe komplexe

Vorgänge und Effekte, auf welche sie Anwendung finden, in allen Einzelheiten vorzuschriften, jeder Mängel und jede Lücke kommt daher an dem

Hilfesatz des Versuchs weiter zum Vorschein...

(Foto Abb. Gedächtnisrede zur Feier des 50-jährigen Jubiläums der Jenaer Zeiss-Werke)



Quarzobjektträger benutzte, die aus Ersparnisgründen nur 20 - 30 mm messen. Um sie bequem handhaben zu können, wurden sie in einem Objektträger nach HEDENHAIN befestigt. Um zu verhindern, daß Erregerstrahlung in das Mikroskop eintreten und das Auge des Beobachters erreichen konnte, benötigte man eine Doppelgläserung, bestehend aus einem lösigen Glasrohr „EUPHOS“<sup>5</sup>. Dieses Glas hat eine Durchlässigkeit von 90%.

Das eben beschriebene Gerät hat sich bis zum Jahre 1929 im wesentlichen unverändert erhalten (Bild 2), lediglich die ersten Versuche zur Verwendung einer Quecksilberlampe als Erregerlichtquelle aus dem Jahre 1926 sollen erwähnt werden. Der Aufbau auf dem optischen Balken ist grundsätzlich gleich geblieben, das Auge des Beobachters wurde den veränderten Anforderungen, die der Quecksilberbrenner 5 100 der Quarzlampengesellschaft Hanau stellte, angepaßt und eine Leuchtfeldblende auf Rektor eingeführt. Sonderformen, die von den im Bild 1 und 3 dargestellten Einrichtungen abweichen, waren, sind das Lumineszenz-Analysengerät, bei dem das Erregerlicht nicht in ein Mikroskop, sondern direkt auf das Untersuchungsobjekt gerichtet wurde. Das Gerät zur Palmitostocherkopie, das anstelle des Mikroskops eine Hältekronrichtung für das Objekt aufweist.

Im vorliegenden Zusammenhang ist das von Ph. EULINGER und A. HIER angegebene Intravital-Lumineszenzmikroskop aus dem

Jahre 1929 von größtem Interesse (Bild 3). Es war ein spezielles Auflicht-Fluoreszenzgerät, das zur Beobachtung physiologischer Vorgänge am lebenden Versuchstier diente. Das Tier wurde marktiert, mit einer Fluorochromlösung injiziert, geblendet und das interessierende Organ über einen Spiegel und einen Spiegelrohrstrahlapparat beobachtet und die Wirkung mit bestendigen Auflichtprojektoren, Wasserimmersionen beobachtet. Diese Objektive hatten eine Beleuchtungseinrichtung, mit der das beobachtete Organ vor dem Austracken bewahrt wurde. Eine wesentliche Neuerung war die Einführung verschiedener Okularsperrfilter anstelle des Euphosglases. Diese Filter wurden beim Intravitalmikroskop in einem Schieber oberhalb des Vertikalluminators eingebaut. Die Linsenreihe von 1936 hat sich gegenüber der von 1929 nicht verändert. Die Beleuchtungseinrichtung besteht aus einer Bogenlampe, die sich bis heute erhalten haben. 1937 stand dann die Form der Großen Lumineszenzeinrichtung für Auf- und Durchlicht, die den Zeiss-Freunden bei heutiger Güte ist (Bild 4).

Wesentliche Fortschritte sind in der Anordnung der Filter in Klapppassagen und in dem Beobachtungsspiegel für die Bogenlampe zu sehen. Der immer mehr an Bedeutung gewordene Fluoreszenzregler mit blauem Licht wurde durch Begehung von zwei verschiedenen dicken Filtern aus BG 3 Redmung getragen.

Kurz darauf wurde das Intravital-Mikroskop in modernisierter, grundsätzlich unveränderter Form neu heraus-

gebracht. Neu ist nur der große Objektivtisch mit Apfifuß, der die Veränderung der Triebe nach außen erforderte, und eine einklapptbare Mikroskopierleuchte für Helffeldbeobachtung. In völlig neuem Gewande tauchte 1939 der Quecksilberbrenner S 100 auf (Bild 5). Ihr Entstehen verdankt die abgesicherte Erregung der Tuberkuloseerreger dem Erfolg, die Fluoreszenzregung mit blauem Licht damals in der Tuberkulosediagnose gewann. Den gleichen Zweck diente die in Bild 6 dargestellte Leuchte. Es ist eine normale 6-V.-30-W.-Lampe, aus deren Licht die für die Fluoreszenzbeobachtung der Tuberkuloseerreger benötigte blaue Strahlung durch einen Filter BG 12 ausgesondert wurde. Dieses Filter läßt kein Rot durch, das bei der fluoreszenzmikroskopischen Beobachtung so viel stärkeren Lichtstrahl verhindert, man kann also das Verhältnis der blauen und roten Strahlung auf Kupfersulfat, das das BG 12 die hier auftretenden Wärmemengen nicht verträgt. Als Okularsperrfilter für Bau-lichterregung wurde zu der Einrichtung das OG 1 mitgegeben, 1950 wurde die Große Lumineszenzeinrichtung umkonstruiert (Bild 7). Am äußeren Eindruck änderte sich kaum etwas, dafür wurde aber auf Grund der Beobachtungen der letzten Jahrzehnte ein technisches Ausbau wesentlich verändert. Die gesamte Beleuchtungseinrichtung, das Quarzfilter und die Quarzobjektträger. Die Kollektorenlinse wurden durch Linsen aus einer Glasart ersetzt, die für fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen wichtigen Wellenlängen ebensogut durchläßt wie Quarz. Da die üblichen Helffeldkondensoren diese Bedingung erfüllten, konnte auch der Quarzkondensor weggelassen werden. Damit wurde ein Raum vor allem in den unteren Teilen des Mikroskopkörpers von einem Quarz, als Nourung, gewonnen. Man verhinderte damit, daß die Eigenfluoreszenz des OG 1 die Beobachtung störte. Neuerungen werden die aufsteckbaren Okularsperrfilter, für die das erwähnte Überunderstecken notwendig ist, als feste Filterkombinationen geliefert. Dem Sperrfilter OG 1 und dem neuerrungen ebenfalls für die Blaulicht-Fluoreszenzmikroskopie eingeschafften GG 11 ist zur Beseitigung ihrer Eigenfluoreszenz jeweils ein Übersteckfilter aus Ultraviolettdurchlässigen Filtern vorgeschaltet.

Eine ebenfalls neuere Entwicklung stellt der mikrophotographische Wechseltubus für Fluoreszenzmikroskopie dar, in dessen Filterrevolver, ähnlich Doppelgläsern, mehrere verschiedene Sperrfilter für Fluoreszenzmikroskopie mit Ultraviolettdurchlässigen Filtern eingebaut sind.

Als Sperrfilter für Blaulicht-Fluoreszenzmikroskopie werden die oben erwähnten Filterkombinationen verwendet.

**Bild 1:** Lumineszenzeinrichtung aus dem Jahre 1913

Auf der optischen Bank erkennen wir von links: Die Bogenlampe, dicht davor den scheibenförmigen Blendschutz mit dem eingebauten Spiegelrohrstrahlapparat, dann der vertikale Aufzug, die Filterkombination, die Vorderwand des Kollektors und der Mikroskoptrager. Zwischen den Hörnern des Muffenkörpers steht das kubische Gehäuse des Umlenkprismas.

**Bild 2:** Lumineszenzeinrichtung aus dem Jahre 1929

Die Anordnung der Teile ist die gleiche wie im Bild 1.

**Bild 3:** Intravital-Lumineszenzmikroskop nach PH. EULINGER und A. HIER aus dem Jahre 1929

Wir sehen rechts die Bogenlampe mit Kollektor untergliedert, die Bogenlampe mit dem Gitter, die Gitterkombination, die Schirmung, durch deren Vorderwand ein Rohr mit dem Vorderteil des Kollektors hindurchtritt. Vor diesem steht ein doppelter Filterrevolver. Das Mikroskop ist mit einem Vertikalluminator und einem Scheiber für die Okularsperrfilter ausgerüstet.

**Bild 4:** Große Lumineszenzeinrichtung für Durchlicht aus dem Jahre 1937

Als grundsätzlichen Aufbau ist gegenüber früher nichts verändert. Nur ist die Form des Mikroskopkörpers, das wegläpphafte Filter und der Beobachtungsspiegel am Lampenhaus. Die Beleuchtungseinrichtung ist auf einem Bankreiter verankert und die Standard-Grundplatte in das Gerät übernommen worden.

**Bild 5:** Lumineszenz-Mikroskopierlampe aus dem Jahre 1939

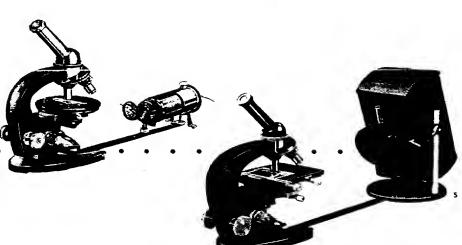
In der Höhe verstellbares und neigbares Lampenhaus für das Quecksilberbrenner S 100, dessen zylinderförmiges Ansatz sind Kügel, Filterring und Beobachtungsspiegel vergrößert. Auf der Veränderungsstange zum Mikroskop ist ein Oberflächenring justierbar befestigt, der an die Stelle des sonst üblichen Rückseitig versteckten Mikroskopspiegels tritt.

**Bild 6:** Vereinfachte Lumineszenzlampe aus dem Jahre 1939

Mikroskopierleuchte VII (6 V, 30 W) mit Blaufilter BG 12 auf Veränderungsstange dazu Okularsperrfilter OG 1 in Aufstellung. Die Leuchte wurde kurze Zeit zur Tuberkulose-Diagnose verwendet.

**Bild 7:** Große Lumineszenzeinrichtung für Auf- und Durchlicht aus dem Jahre 1950

Gegenüber dem Gerät in Bild 7 sind äußerlich nur Modernisierungen in der Form zu verzeichnen, alle Quarzlinse sind durch Glaslinse ersetzt.



### Ein Beitrag zur Geschichte der Brille

Albrecht Vogel

In der einst weitverbreiteten Predigtsammlung „Sarepta“ des Joachimsthaler Pfarrers Johannes Matthesius, die 1562 zuerst in Nürnberg erschien und oft nachgedruckt wurde, finden sich die folgenden, auf das Tragen von Brillen bezüglichen Ausführungen. Der Autor fand in den Veröffentlichungen über die Geschichte der Brille, insbesondere in den zusammenfassenden Werken von Prof. GREFF und Prof. v. RÖCK keinen Hinweis auf die angegebene Literaturquelle.

Und weil wir alten vniert augen in der taschen vnd calender im haup  
te vnd füße in henden tragen vrief sindwoon lauter / haben wir Gott  
auch zu danken für alleley barillen vnd augengläser / die man zum lezen  
brauchet oder auss die bucher leget / oder damit wir in die ferne schen / wie  
die stiechballen sein / oder damit auch jungen leut / die scherpfen jren gesichtes  
in seinem wesen erhalten.

Das sind lauter wunderliche wunderwerck / vnd gute gaben vnd kün/  
stes / Gott dem menschen zu gut durch fleißige künstler erfinden lesset /  
das man einem jeden nach gelegenheit seines alters oder jre ein dull zu-  
richten kan / die da grobēt und kleinet.

Es handelt sich hier um eine Predigt, die Matthesius 1560 vor den Bergleuten der nord-  
böhmischen Stadt Joachimsthal hält und in welcher er ausführlich die Glasherstellung  
und Glasmethode beschreibt.

Die Korrektionsmöglichkeit einer Presbyopie bzw. einer Myopie durch Brillen muß  
also bereits Mitte des 16. Jahrhunderts auch in den handarbeitenden Schichten der  
Bevölkerung - vorlängende Predigt wurde vor Bergleuten gehalten - bekannt gewesen  
sein. Hier kann ein Bräusgesetz werden, daß die bereits beim Jugendlichen auf-  
getretene Augenkrankheit durch eine anderswirkende Brille korrigiert wird, als sie der Alters-  
sichtige benutzt. Auf die Abhängigkeit der Stärke einer Nährbrille vom Alter wird  
besonders hingewiesen.

Das Brillenmacherhandwerk muß zu dieser Zeit ein hohes Ansehen unter den hand-  
werklichen Berufen besessen haben. Matthesius läßt die Brille durch Redige Künster  
erfinden", wobei „Künster“ etwa dem heutigen Techniker oder Ingenieur entspricht.  
Er bezeichnet sie dabei als „natürlich Wunderwerk und gute Gabe“, was darauf hin-  
deutet, daß zwar die Brille und ihre Anwendung zum Ausgleich von Fehlsichtigkeiten  
allgemein bekannt war, ihr Besitz jedoch noch einen Seltenheitswert dargestellt haben  
muß.

Johannes Matthesius (1504 - 1565) war Rektor und Prediger in Joachimsthal, Zeitgenosse  
und Freund des Begründers der Montanwissenschaft Georg Agricola und Schüler und  
Tischgenosse Martin Luthe während mehrfacher längerer Studienaufenthalte in Wittenberg.  
Mit seinem Werk „Martin Luthers Leben“ wurde er dessen erster Biograph.  
Sein Werk „Sarepta oder Bergpostill“ (1562) enthält 15 Predigten über Bergwerks-  
fragen. Den Namen „Sarepta“ erhielt das Werk nach dem gleichnamigen Bergort der  
Bibel.



## Polarisiertes Licht in Natur und Technik

Paul Ganswein

Das menschliche Auge ist ohne besondere Hilfsmittel nicht in der Lage, polarisiertes Licht von gewöhnlichem, nicht-polarisiertem Licht zu unterscheiden. Doch gibt es Lebewesen, z. B. die Bienen, die für polarisiertes Licht empfänglich sind. Himmelslebewesen sind es nicht. Solche Bienen sind weniger polarisiert, und diese Naturerscheinung nutzen die Bienen nun, um sich bei ihren Flügen zu orientieren. Da das Auge des Menschen für polarisiertes Licht nicht empfänglich ist, kann es auch nicht verwundern, daß die Polarisation des Lichtes verhältnismäßig spät entdeckt wurde. Diese Entdeckung fällt in das Jahr 1808, und wir verdanken sie dem französischen Naturforscher Malus. Es wird berichtet, daß Malus in Paris einen seiner, z. B. gegenüberliegenden Fenster, die Sonne sich auf dem Fensterbrett hielt und das Spiegelbild der Sonne durch einen Kalkspat-Kristall hindurchsah. Dabei sah er anstelle von nur einem Spiegelbild, zweier. Drehte Malus während der Beobachtung der Spiegelbilder des Kristall in seiner Hand, so stellte er fest, daß sich die beiden Spiegelbilder in ihrer Helligkeit veränderten, das eine heller, das andere dunkler wurde und umgekehrt, wenn er den Kristall weiter drehte. Dieser Erscheinung nachforschend, fand Malus schließlich, daß das Licht polarisiert ist.

Was versteht man unter polarisiertem Licht? Um dies verständlich zu machen müssen wir das Wesen des Lichtes untersuchen. Es dürfte allgemein bekannt sein, daß das Licht welleförmig fortpflanzt. Verschiedene Farben des Lichtes unterscheiden sich dadurch, daß die Wellenlängen verschieden groß sind. Blaues Licht ist kurzwelliger als rotes Licht. Dies interessiert uns hier aber nicht. Uns interessiert vielmehr, wie ein Lichtstrahl sich verhält, wenn wir ihn in einem Schnitt senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung bestimmen. Um das zu verstehen, müssen wir sehr kurz die Beobachtung der Lichtwelle im Zentrum einer unendlichkeits-Schwingungen nach allen Richtungen ausgedehnt. Solches Licht ist in Bild 1 dargestellt, und wir nennen es gewöhnliches oder unpolarisiertes Licht. Erfolgt dagegen — wie in Bild 2 — die Lichschwingung nur in einer einzigen bestimmten Richtung, so sprechen wir von polarisiertem Licht. Polarisiert, d. h. von Pol zu Pol schwingend.

Was kommt nun polarisiertes Licht zustande? Es gibt in der Natur Kristalle, die die Eigenschaft haben, die von der Richtung abhängende Schwingungsrichtung des Lichtes einzeln auszuwählen und nur diese durchzulassen. Kristalle dieser Art sind z. B. der Quarz oder der bereits erwähnte Kalkspat; diese Eigenschaft der Kristalle hängt damit zusammen, daß ihre Bausteine, die Atome, eine gesetzmäßige Ordnung aufweisen, ein Kristallgitter bilden. Beim Durchgang des Lichtes durch ein solches Kristallgitter treten die Lichschwingungen in Wechselwirkung mit den Atomen. Würde z. B. ein unpolarisiertes Licht in der Richtung, in der im Bild 2 gezeigte Weise von links her vom Licht durchsetzt, durch mehrere Doppelteile des Lichts auf dem Kalkspat-Kristall auftreffen, so würde das Licht auf dem Kalkspat-Kristall auftreffen. Beim Durchgang des Lichtes durch den Kristall in bestimmter Richtung führt die Wechselwirkung zwischen dem Lichtstrahl und dem Kristallbaustein zu einer

Aufspaltung des Lichtstrahles in der dargestellten Weise. Es treten rechts zwei Teilstrahle aus dem Kristall aus, und in jedem Teilstrahl gibt es nur noch eine einzige bevorzugte Schwingungsrichtung. Das rechts aus dem Kristall austretende Licht ist also polarisiert.

Bei den Kristallen gibt es weiter den doppelbrechenden Kristallen, die auch noch solche, die die Eigenschaft haben, die eine der beiden polarisierten Teilstrahlen zu absorbieren. Eine solche Kristallart ist der Turmalin. Von gesamten, sichtbaren Spektralbereich, das von blau bis rot, nimmt der Turmalin allerdings nur den gebrochenen Anteil des Spektrums weg. In der Durchsicht sieht der Turmalin folglich blau aus. Diese Eigenschaft bestimmter Kristalle, nur eine bestimmte Farbe des Spektrums und diese als polarisiertes Licht durchzulassen, ist die Ursache, daß ein Turmalin durch einen Kalkspat-Kristall erhält man farbiges polarisiertes Licht mit doppelbrechenden Kristallen dagegen weißes, in zwei zusammen senkrecht stehenden Richtungen polarisiertes Licht.

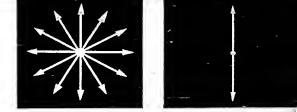
Durch einen doppelbrechenden Kalkspat hindurch beobachtete Malus im Jahre 1808 das Spiegelbild der Sonne, und wir verstehen jetzt, warum er ein doppeltes Bild sah. Nicht verständlich ist uns vorerst noch, warum die Helligkeit der beiden Spiegelbilder sich anderte, wenn Malus den Kristall wendete. Das ist aber leicht zu verstehen, wenn wir die Schwingungsrichtung als Axen drehen. Um dies zu verstehen, müssen wir wissen, daß die Natur noch in anderer Weise als durch bestimmte Kristalle polarisiertes Licht erzeugt: Zum Beispiel entsteht polarisiertes Licht bei der Reflexion (Spiegelung) von gewöhnlichem Licht an spiegelnden Oberflächen. Solche spiegelnden Oberflächen sind vor allem das Wasser, dann glänzende Blattflächen, Glasscheiben, polierte Lackflächen usw. Die Polarisation des so spiegelnden Glasscheibens ist in Bild 4 veranschaulicht. Von links her auf die Glasscheibe trifft ein an mehreren Stoffen durch 3 Doppelteile gespiegeltes Licht auf die Glasscheibe. Nach der Reflexion ist das nach rechts abgestrahlte Licht polarisiert und zwar so, daß die Schwingungsrichtung des polarisierten Lichtes parallel zur spiegelnden Oberfläche des Glases verläuft. Der Wirkungsgrad der Polarisation ist hierbei abhängig vom Einfallswinkel des Lichtes, der zwischen der Lichtrichtung und dem Lot auf die Glasscheibe gemessen wird. Bei der Reflexion am Glas erhält man vollkommen polarisiertes Licht, wenn der Einfallswinkel 57° beträgt.

Malus Entdeckung wird uns jetzt verständlicher. Die im gegenüberliegenden Fenster gespiegelten Strahlen der Sonne bestanden bereits aus polarisiertem Licht. Um den Vorgang restlos zu verstehen, kehren wir nochmals zum doppelbrechenden Kalkspat zurück, im Bild 3 taht von links auf den Kristall bereits polarisiertes Licht, angedeutet durch die Doppelpfeile, das (lateral) parallel zum Licht kann ohne weiteren den Kristall passieren. Ein horizontaler Teil des Lichtstrahls kann dagegen nicht aus dem Kristall austreten, weil er im linken ankommenden Licht gar nicht enthalten ist. Jetzt dürfte die Entdeckung des polarisierten Lichtes völlig klar werden. Bei der Beobachtung des Spiegelbildes der Sonne durch den Kalkspat sah Malus zunächst zwei etwas

gegeneinanderverzettete Spiegelbilder auf Grund der Doppelbrechung des Lichtes durch den Kalkspat. Beim Drehen des Kristalls wurden die Spiegelbilder abwechselnd heller und dunkler, weil das im Fenster gespiegelte Licht bereits teilweise polarisiert war. Ein völliges Verschwinden eines der beiden Spiegelbilder wäre dann zu beobachten gewesen, wenn sich der Sonnenstrahl zufällig unter dem Polarisationswinkel von 57° am Fenster gespiegelt hätte.

Somit kennt man jetzt zwei verschiedenartige Möglichkeiten, die in der Natur polarisiertes Licht entstehen kann: erstmals beim Lichtdurchgang durch bestimmte doppelbrechende oder dichroitische Kristalle, zweitens durch Reflexion an vielen spiegelnden Oberflächen. Eine dritte Möglichkeit ist die durch Beugung des Lichtes. Was darunter zu verstehen ist, ist in Bild 6 erläutert: Ein Glasstück sei mit einer gerührten Flüssigkeit, z. B. mit stark verdünnter Milch, angefüllt. Von links her auf die Oberfläche des Glasstückes trifft ein Lichtstrahl. Sein man von der vierenigen Abstrahlung des Lichtes beim Durchgang durch die Flüssigkeit ab, dann tritt rechts aus dem Glasstück das meiste Licht wieder aus, und dieses Licht ist ebenfalls weiß und unpolarisiert. Ein geringer Teil des Lichtes wird durch Wechselwirkung mit den Molekülen der milchig trüben Flüssigkeit im Glasstück abgebaut und verläßt daher nach der Seite, im gezeichneten Beispiel nach rechts. Diesen nach rechts abgebauten Strahl zeigt eine bläuliche Farbe, die der unter der Oberfläche des Lichtes abgebaut wird als der rote Anteil. Das bläuliche Streulicht ist aber auch stark polarisiert. Der Polarisierungsgrad des abgebauten Lichtes ist vom Beugungswinkel abhängt und am größten, wenn das Licht senkrecht zu seiner Einfallrichtung abgebaut wird. Der gleiche Vorgang der Polarisation des Lichtes durch Beugung spielt sich am wolkendichten Himmel ab. Die trübe Flüssigkeit ist hier durch die Wolkendecke ersetzt. Der bläuliche Streulicht ist abwechselnd Sonnenlicht. Der Polarisationsgrad, d. h. die Lichtstärke des polarisierten Himmelslichtes hängt ganz vom Beugungswinkel ab, bzw. vom Stand des Beobachters in Bezug auf den Sonnenstand. Senkrecht zur Richtung der Sonnenstrahlen ist die Polarisationswirkung des blauen Himmelslichtes am größten.

Da unsere Augen, wie eingangs schon betont wurde, keine Empfangsorgane für polarisiertes Licht besitzen, merken wir ohne besondere Hilfsmittel nichts von der Polarisation des Himmelslichtes. Doch es kann hier eine Anwendung für polarisiertes Licht und sich wieder Vogel und andere Tiere am Wasser lebende Tiere können sich auf dem Wasser-oberfläche polarisierten Reflexlicht orientieren. Mit diesen Fragen beschäftigen sich die Forscher in zunehmendem Maße. Man nimmt heute schon als sicher an, daß viele Zugvögel ihren Weg nach dem Süden und von dort zurück mit Hilfe des polarisierten Lichtes finden. Das polarisierte Himmelslicht ist ja in der Richtung des Ortes, von dem sie kommen, wobei diese Tiere nichts von dem wissen, den sie natürlich der Erkennung des polarisierten Lichtes uns Menschen voraus haben. Doch der menschliche Geist hat auch dieses Geheimnis der Natur abgelauscht und für seine Dienste



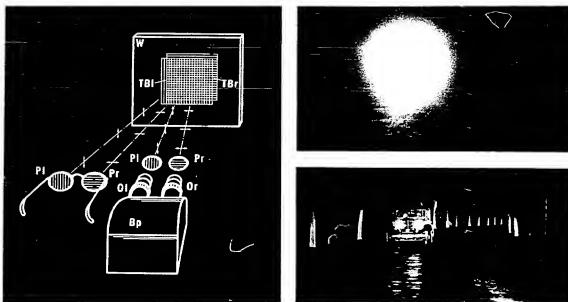


Bild 9: Stereoskopische Bildwiedergabe mit polarisiertem Licht · Bild 10: Blendung im nächtlichen Kraftverkehr · Bild 11: Blendschutz durch polarisiertes Licht

nutzbar gemacht. Schon **MALUS** wußte, daß an Wasseroberflächen polarisiertes Licht polarisiert ist. In zahlreichen Erfindungen wurde die Technik von polarisiertem Licht durch die Schaffung neuer Geräte, bei denen polarisiertes Licht angewendet wird, Gebrauch und erschließt damit der Forschung wiederum neue Wege. So wird polarisiertes Licht in zahlreichen optischen Instrumenten in der **Mikroskopie** und in der **Photometrie** angewendet. Beispielsweise stellt man in der Zuckerindustrie mit Hilfe des polarisierten Lichtes den Zuckergehalt von Lösungen schnell und zuverlässig fest.

und genau fest. In der Nahrungsmittelindustrie wird die Zuckergabe der Milch und in der Medizin der Zuckergehalt des Harns mit polarisiertem Licht gemessen. Die Zuckergabe für polarisiertes Licht wurden erdichtet, seit einiger Zeit, 20 bis 30 Jahren, an diesen Orten gelangt, künstliche Polarisationen.

Polarisationen übertragen sogar die natürlichen Polarisationen, in mehrfacher Hinsicht. Im Handel sieht z. B. künstliche Polarisationen, z. B. in Form von Versatilien für Fotoapparate, bezeichnet, VEB VEF, Karl-Marx-Stadt, Jena. Im Bild 7 ist ein polarisator, der bestimmt, ob ein Fotoapparat

Philatelie Zeiss JENA: Auszüge aus Artikeln der brasilianischen Zeitung „Folha de Londrina“ vom 6. 12. 1956 und aus dem

„Amateur-Photographer“, London, v. 5. 12. 56.

## Über die Herausgabe von Sonderbriefmarken durch die Post der Deutschen Demokratischen

Republik anlässlich des 110jährigen Bestehens  
unseres Werkes in Jena brachte die obengenannte

brasilianische Zeitung einen Artikel, aus dem wir folgende Abschnitte übersetzt wiedergeben:

Wir liegenende Abschnitte übersetzt wiederholen.  
..Es gibt Namen, die weitgehendst eine Idee, eine

großen Zeitungsanzeigen und hören es tatsächlich im Rundfunk.

Andererseits gibt es Namen, die sich durch eine außerordentliche Qualität der Erzeugnisse, welche sie darstellen, Achtung verschafft haben. Dies ist bis zum Namen ZEISS der Fall, ein Instrument und eine manische Größe von bewusster und fast unanahmbarer Genauigkeit symbolisiert. Wir machen hier keinen Propaganda für Handelsmarken, sondern nur: Überhöhte kann uns in den Sinn, als wir von der Herausgabe einer Briefmarkenserie aus Ostdeutschland (Deutsche Demokratische

Mikroskops, die Insekten durch ihre Vergrößerungsrate, die Photographien durch ihre Kamera und die Wissenschaftler im allgemeinen durch die Weitwinkel für ihre Arbeit erforderliche Apparate.

Jena ist ein wichtiges Industriezentrum D. Ueberall in Thüringen, im Ufer der Saale, die Stadt verfügt ca. 90.000 Einwohner, eine der ältesten Universitätsstädte, Jena ist in der gleichen Weit durch die hervorragend qualität der hier hergestellten Optik unbestritten geworden. Seien es die oben erwähnten Instrumente und optischen Gräte oder solche, die durch die

Vorsatzfilter dargestellt. Die Zeiss-Vorsatzfilter sehen einen neutralgrauen Filter ähnlich und werden auf das Photoobjektiv aufgesteckt. Auf der Fassung des Polarisationsfilter ist eine Markierung angebracht, die anzeigen, in welche Richtung das durch den Filter polarisierte Licht schwingt. Bild 8 zeigt einen der Vierwegefilter mit den übereinanderliegenden Vorsatzfiltern, bei denen die Durchlärifizierung für das polarisierte Licht zunehmend senkrecht stehen. Dadurch tritt, wie in Bild 8 ersichtlich ist, an den übereinanderliegenden Flächen völlige Auslöschung des Lichtes, also Dunkelheit, ein.

Vorsatzfilter werden benutzt, um bei Photoaufnahmen störende Lichtreflexe auf Wasseroberflächen, Schaufelwelle-scheben, asphaltierten Straßen usw. zu beseitigen. Mit einem Vorsatzfilter kann man bei wolkenlosem Himmel auch leicht erkennen, daß das Himmelslicht polarisiert ist. Beim Be-trachten des wolkenlosen Himmels dreht man das Filter vor dem Auge und stellt je nach der Himmelsrichtung und dem Stand der Sonne fest, daß der Himmel mehr oder weniger aufgehellt wird, bzw. das Bild des Himmels mehr oder weniger stark gesättigt ist.

Die Verwendung von Polarisationsfiltern in der Photographie steht in keinem Verhältnis zu ihrer Preiswürdigkeit. Insbesondere Polarisatoren erweitern großes Ausgangsangebot für polarisiertes Licht in der **Stereoskopie**, das Raumdimension. Bei der Projektion von stereoskopischen Straßenaufnahmen

Bei der **Leinwandprojektion** (und **kinoskopischer** Form) von **Leinwand** und bei ihrer **Betrachtung** (Kino) wendet man **polarisiertes** Licht an.

Polarisationsfilter für das linke und rechte Teilbild TBl und TBr, sowie in der Brille Polarisationsfilter PI und Pr für das linke und rechte Auge darstellen. Die Stereoskopie besitzt besonders für Unterrichtszwecke außerordentliche Bedeutung und dürfte in naher Zukunft an Hoch- und Fächschulen eine nicht mehr wegzudenkende Hilfe für angehende Naturforscher, Mediziner und Ingenieure bei ihrem Studium sein. Ferner werden in dem jedem Gläsbärkett gebrachten optischen Spannungsprüfer Verspannungen von Glasgerüten jeder Art in polarisiertem Licht untersucht. Diese Methode wird auch ausgenutzt, um mechanische Spannungen von Maschinenteilen

die Maschinen aufreten, zu studieren und auftretende Mängel abzustellen. Ein weitere Anwendungsmöglichkeit für Polarisatoren ist die Verwendung von „Polarisator- und Filter-Brillen“ („Light“) angeblich. Erfolgsversprechende Verbesserung zur Lösung des Autobeschleunigungs mit polarisierten Licht wurden schon vor dem letzten Krieg gemacht, und bei der standigen Zunahme des Kraftverbrauchs dürfte dieses Problem auch erneut akut werden. Die Wirkungsweise dieses „Polarisator- und Filter-Brillen“ ist aus den Bildern 11 bis 14 zu ersehen. Durch die Verwendung eines polarisierten Beleuchtung wird Fahrzeuge voll aufgedreht, J. hat erneut erneut. Nach Bild 10 sind die Fahrer schützen dem Blendendem entgegenkommenden Fahrzeuges präzisegem. Bild im Bild 11 dagegen strahlt die Scheinwerfer beider Wagen polarisierter Licht aus, und durch Polarisatoren an der Windschutzscheibe oder in Form von Polarisationslinnen sind diese Welle gegen die auf sie einwirkende Lichtwelle abgeschirmt werden müssen. Jeder Fahrer führt somit auch einer Bezeichnung unter den günstigen Sichtverhältnissen die Fehlurteile.





„... und von der 'verbundenen' und 'unverbundenen' Darstellung der Wirkungsweise der galaktischen und kugelprismatischen Fernrohre gab der Russ Lubomirski 1873 (Funster-Theorie). Bild 4: Die wirkliche und richtige Hauptstrahltrajektorie im galaktischen Fernrohr, die bestimmt wird durch den Augenpunkt  $o$  der Pupille  $A$  aus 1. Die Öffnung der Linse  $L_1$  und ihre durch  $L_2$  entworfenen scheinbaren Bildern  $N_1$  und  $N_2$  zwischen Objektiv  $L_1$  und Okular  $L_2$  — wirken Bildvergrößerung und hellen  $L_1$  in  $L_2$  (Eintrittsblende) und Austrittsblende übernehmen die Funktion eines Gesichtsfeldblinder.“



## Salon de la chimie Paris 1956

(Aus einem Bericht des nach Paris entsandten technischen Betreuers unserer Expositur)

Einmal im Werk hat sich im Rahmen der Ausstellung der Deutschen Demokratischen Republik Galeriegenossen, eine Einrichtung auf dem „Salon de l'Amicale“ in Paris von zu Hause und zwar erstmals im Jahr 1954 und erneut auf der gleichen Veranstaltung im überwirksamen Dezember 1955. Der „Salon de l'Amicale“ in Paris, die Tageszeitung *Der Chemiker*, ist ein internationales Forum für die Chemie der Welt, ist im allgemeinen in Form von Kunst-, künstlerischen und plastischen Werken, insbesondere wissenschaftliche, Chemiker und

Inzessum vom Fach treffen sich hier, um in Vorträgen und Diskussionen ihre Erfahrungen auszutauschen und in Anregungen nutzbar zu machen. Unmittelbar verbunden mit dieser Tagung ist eine großzügig aufgemachte Ausstellung der Chemischen, der Glas- und Keramischen, sowie der Feinmechanisch-Optischen Industrie, die in zwei über 60 m breiten und 250 m langen Ausstellungshallen des Pariser Massémalzandes an der

„Stellungnahme des Barmer Messelgelehrten an der Preußischen Versammlung unterbrachte.“  
Auf dem „Salon 1856, dem 4. viii. einer Art nach dem hier gebr. habt man den Eindruck, daß nicht nur die Eltern der schon ge nannten Industrie aus dem Lande anwanden, sondern daß Wissenschaftler und Praktiker aus dem Auslande, aus Amerika, aus England, aus Irland, aus Frankreich, aus Wirkern und Instituten, aus den verschiedenen, mit Materialien und Werkstoffen, fahrenden, aufsuchenden, den Brustzahn abnimmenden, da das schulzuständige Publikum — die Schule — diesen Fachausstellungen im allgemeinen keinen Eindruck, zu gewinnen scheint, für den Aussteller entsprechendem Genugtuung, zu wissen, daß er bei dem Besucher, der den Stand besucht, mit einem Fachmann zu tun hat.“ In der Tat war der Brustzahn eine der wenigen Ausstellungen, die einen Eindruck von der wissenschaftlichen Arbeit der Zahnärzte vermittelten.

Die Gestaltung unseres Zin-Standes und die Auswahl der Exponate fand allgemeinen Beifall. Von einer 50 qm großen Ausstellungsfläche hatte ein Kammer für Außenhandel unseres Betriebes

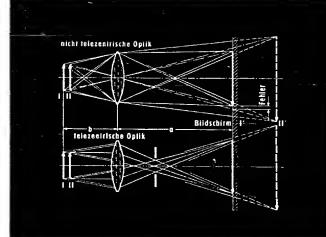
Die Brüder Paul und Hugo, Dresden, Meiningen, Karlsruhe, Mannheim und Illingen. Die französischen Verkäufer, die „S. L. S.“ hatten für alle Ausstellungen ein einheitliches, symmetrisch angebrachtes und mit Kreiseln verzierte Firmenwappen vorgeschrieben, auf dem nach und nach Hufeisen und das 16-stellige erscheinen durften. So prangte über unserem Geschäftsschild, auf dem Indigo die Worte „Eduard und Hermann Optik“ angebracht waren. An die Rückwand des unser Betrieb zugesprochenen

ein großes Forschungsmikroskop LP mit mikrophotographischer Einrichtung „MPF“, eine Pulfrich-Photometer, sowie das Flammmenphotometer, das Eintauch- und das Abbe-Refraktometer und schließlich ein Kreispolarisator, alle Geräte, die teils schon von früher bekannt, zeitig

schaltkupf mit einem aufzuspannenden 11-fach-zin-Gittern der  
Bundes-AG. Anfänglich war in dieser Stil  
unterer Panzer die Wirkung, der hierin Spreng-  
auswurfsprünge, dann später Kontragspreng-  
wirkungen, d.h. daß sich seit dem vertretenen „Salon  
la chimie“ im Jahre 1954 in Frankreich gut  
arbeiten sollten, bis zu einem Bruch in  
Standort war zu spüren, daß er früher in  
den Kreis untreuehrengute Kontakt zu  
wieder hergestellt war und daß nun Kontakt

neuerlich geschlossen wurden. Herr Böckeler von der Firma *Waggonfabrik* in Bremen ist sich sehr darüber frech, daß er in der Sitzung darüber berichtet. Zusammenfassend sei gesagt, daß der Name *Caravel* zu *JENA* in Freudenstadt einen guten Klang hat und man kann sich darüber einigen, daß sich die *Caravel*-Firma in Freudenstadt auf die Produktion von Eisenbahn- und Straßenbahnwagen konzentriert. Es ist eine kleine Quelle unserer Lücherungen und durchsorgfältige Belehrung und Abrechnung aller Gründungsangelegenheiten in Freudenstadt.

Es ist zu hoffen, daß in Zukunft solche Maßnahmen nicht mehr notwendig sein werden, um die französischen Dienststellen zu entlasten. Wenn sie jedoch erneut notwendig werden, kann man nicht bedenken müssen, daß auch andere Betriebe verkauft werden möchten, bzw. daß die französischen Dienststellen die Gesamtsumme einer Lizenzanforderung niemals an einen einzigen Betrieb vergeben würden. Hier bleibt es Aufgabe unserer



## Profilprojektoren aus Jena

Alois Kirchner

Blenden gewährleisten eine helle, scharfgezeichnete und mit zentrischer Abbildung. Die Profilprojektionen sind mit drei Objektiven für 10-, 20- und 50fache Vergrößerung ausgestattet. Erfahrungsgemäß sind das die Vergrößerungen, die sich in der Praxis am besten bewähren. Höhere Vergrößerungen, die an sich durchaus möglich waren, kommen nur in ganz vereinzelten Fällen zur Anwendung kommen, immer aber auf Kosten des Betrachtungsausschnittes und der Tiefe schärf, d. h. der Betrachtungsfeldtiefe.

Die Tiefenbrechung bringt Bedrohung und aber Fakten, denen gerade bei Anwendung der Praktikum zu Meßwerten große Bedeutung zu. Von VEB Carl Zeiss Jena wird z. Z. ein Projekt zur Tiefenbrechung in der Praktikum. Der Projektumfasst 200, 300 und 400. Der Projektumfasst 200 (Bild 2) ist ein leicht transportables Tiefenbrechung, das sich speziell für Prüfen kleiner Bauteile eignet. Der Projektumfasst 300 ist eine Tiefenbrechung, die sich speziell für die Prüfung von Industrie eignet. Der Projektumfasst 400 — eine Mattheiß — besteht einen Durchmesser von 100 mm und eine Breite von 100 mm (Bild 3). So darf bei 10facher Vergrößerung ein Profil bis 20 mm Länge bzw. Durchmesser mit einer Auflösung von 0,01 mm abgelesen werden. Das Gerät ist für Durch- und Auflichtprüfung eingerichtet. Messungen können mit einem Tiefenmaßstab, einem Tiefenmaßstab mit Kugelknopf (Kugelknopfmaßstab) oder an angesetzten Bild mit Hilfe eines Glasmastometers vorgenommen werden. Bild 3 zeigt ein Glasmastometer, Bild 200 ein Tiefenmaßstab mit Kugelknopf. Anwendbarkeit ist gegeben, wenn die Tiefenbrechung 200 bestimmt werden soll. Das Objekt ist bei dieser Prüfung nicht auf einer Prüftafel, sondern auf dem Bild bestimmt der Gewichtswertung neigen



auftreten können. Es muss lediglich darauf geachtet werden, daß die Lichtleitung entsprechend abgesichert ist.

Bei der Herstellung der Projektionsleitungen, liegt zwischen 5 und 8 m Projektionsleiter kann mit jedem Trödelprojektor, dieses liegt. Als Okular wird zweckmäßigstens ein solches von 5fachiger Vergrößerung benötigt, so daß der Maßstab der auf dem Projektionsbild dargestellten Bilder auf dem Bildschirm 1:1 verhältnisse aufweist. Bei kurzen Entfernung kann ohne Bedenken auch mit einem 7fach Okular gearbeitet werden. Die Vergroßerung auf dem Projektionsbild kann durch Vergrößerung des Abstandes und erreicht so nach dem Prinzip der Eigenvergrößerung des Mikroskopes und der Projektionsleitungen in cm, geteilt durch 25. Der Durchmesser des projizierten Bildes auf der Projektionswand beträgt beispielsweise bei einem 7fachem Huygen-Okular 2,50 m, mit 7fachem Huygen-Okular 2,00 m, mit 7fachem

Zeitschriftenprojekt BESLASSAR — ein Gerät für den modernen Hörsaal  
Rudolf Wendel  
Das Bestreben jedes Vorlesungsraumes, einen Unterricht, der dem Hörsaal zugeordnet ist, zu gestalten, wurde und wird durch die fernsehmäßig-optische Industrie seit Jahrzehnten nach besten Kräften unterstützt. Diese für beide Teile des Unterrichtsraumes mögliche Entwicklung, welche die Fernseh- und Rundfunktechnik erlaubt, führte u. a. zur Entwicklung eines Rechen- und Projektionsgerätes, einer von markantesten ist der Schreinprojektor aus Jena. Auf der Erkenntnis aufbauend, daß das gesprochene Wort in Schriftform dargestellt werden kann, ohne Distanzverlust — im Gedächtnis des Höfers nachhaltig zu halten, entstand ein Gerät, das eine Schrift, die auf einer Tafel oder einem Blatt Papier steht, auf einer Leinwand oder einer Leinwandwand abstrahiert. Ein solches Gerät ist ein Fernschreinprojektor, ein einziges Schreibmaschinenkörner ist entstellt,

- (Fortsetzung von Seite 39)  
worin C eine noch zu bestimmende Konstante darstellt. Zu ihrer Bestimmung integrieren wir  $d\Phi$  für  $\theta$  von 0 bis  $\frac{\pi}{2}$ , also über die ganze Halbkugel; dabei muß sich die gesamte Strahlungsleistung, die aus der Öffnung f kommt, ergeben. Daraus folgt

(20)  $\sigma \cdot f \cdot \theta^4 = C \cdot f \cdot a^2 \cdot \pi$   
und daraus  
 $\sigma = \frac{C}{f} \cdot a^2 \cdot \pi^4$

(21)  $C = \sigma \cdot f \cdot \theta^4$

Für die von Sp I aufgefangene Strahlungsleistung ergibt sich, indem man wieder in gleicher Weise dgl. für  $\theta$  von 0 bis  $\pi$  integriert, D

$$D = \sigma \cdot f \cdot \pi a^2 \cdot \frac{1}{2} \arcsin \theta$$

integriert und dabei die soeben gewonnene Konstante einsetzen.

(22)  $D_{\text{max}} = \sigma \cdot f \cdot \pi a^2 \cdot \frac{1}{2} \pi^2$

(22)  $\Phi_{Sp} \rightarrow \sigma \cdot \pi \cdot 4$   
 unter der Voraussetzung, daß  $\frac{D}{2}$  genügend klein gegen  $a$  ist.  
 Für  $\frac{D^2}{4} \cdot \pi$  können wir die Fläche  $F$  des Sp 1 setzen und erhalten  
 (23)  $\Phi_{Sp} \rightarrow \sigma \cdot \Theta \cdot f \cdot F$

Aus diesem Strahlungsfluß, der bei *auer* Abbildung, über das Bild die Fläche *F<sub>gh</sub>* gleichmäßig verteilt ist, wird nun durch den Spalt *B* mit der Fläche *F<sub>g</sub>* ein Anteil *F<sub>g</sub>* herausgeschnitten, so daß die über den Spalt auf die Fläche *F<sub>gh</sub>* gelangende Energie (24)  $\Phi' = \Phi - F_g$  ist. Es ist nun aber noch zu beachten, daß die Strahlungsgröße auf dem Wege vom Strahler über die Spiegel bis zum Empfänger gewisse Verluste erfährt, und zwar sowohl durch die Absorption besonders durch  $\text{CO}_2$  und Wasser dampf als auch durch die Streuung durch die Staub- und Partikel. Man kann den hieraus resultierenden Verlustfaktor schätzungsweise so annehmen, wie wir es meistens tun, auf einen Verlustfaktor (0,7), man kann ihn aber auch experimentell bestimmen, worüber demnächst noch nähere Angaben gemacht werden sollen. Von der Genauigkeit dieses Faktors hängt selbstverständlich die absolute Genauigkeit der ermittelten Empfindlichkeit ab, die die relative Genauigkeit bei Vergleichsmessungen zwischen verschiedenen Strahlern bestimmt. Es kann jedoch nicht, wenn solche Vergleichsmessungen unter annähernd gleichen Bedingungen stattfinden, eine genauere Befriedigung der Bestimmung der Verluste ist also nur von Bedeutung für die absolute Genauigkeit, z. B. bei der Eichung von Standardempfängern, nicht aber für die relative Leistungs-

vergleich verschiedener Empfänger. Eine kurze Betrachtung der Fehler dieser Meßmethode ergibt folgendes. Unter Anwendung mehrerer verhältnismäßig präzisionsmeßinstrumente können wir den Fehler in der Temperaturmessung mit etwa 0,5% annehmen, dann wird der Fehler des Strahlungsfußes  $1.8\% \pm 2\%$ . Die Spaltfläche sei beispielsweise 0,5 mm und die Meßgenauigkeit hierfür 0,005 mm, dann wird  $1/\text{Fe} = 1.25\%$ . Die Fläche der Spiegelröhre ergibt sich aus  $D = 100 \text{ mm} \pm 10 \text{ D} = 0.2 \text{ mm}$  und damit  $J = 0.4\%$ . Die beiden Abstände  $a = 800 \text{ mm}$  mit einer Genauigkeit von 1 mm ergeben einen Fehler von  $2/0.12^2 = 0.238\%$ . Das nun freie Strahlungsfeld ist  $1.8\% \pm 2\% + 0.4\% + 0.238\% = 2.6\% \pm 2.2\%$ .

Um können wir unter Einsatz entsprechender Meßinstrumente und Präzisionswiderstände mit Leichtigkeit mit einer Genauigkeit von 0,25% bestimmen, und damit folgt bei Erfassung dieser Maßgenauigkeit ein maximaler Fehler in  $\Delta T$  von 4,5°. Hinzu kommt nun allerdings noch der Verlust, der durch die Wärmeleitung in den Kontaktstücken entsteht. Der mögliche Fehler im Verlustfaktor übersteigt aber die oben abzuschätzende Fehlergrenze von 0,7%.

Die Praxis zeigt, daß es bei Anwendung dieser zwar sehr komplizierten Methoden für Raumtemperaturmessungen, z. B. in der Werkstattstraße, leicht passieren kann, daß irgendwelche der von uns für das Endresultat entscheidenden Beobachtungen einschließlich bzw. die erforderlichen Einzelmessungen ungenau durchgeführt sein können, wodurch man größere Fehler im Endresultat zustande kommen, die, als sich es um Dejustierungen in der Abbildungsskala handelt, immer zu kleinen Empfindlichkeitsfehlern erweitern. Es ist daher von großer Bedeutung, daß die Verantwortung in der Verantwortung des Wissenschaftlers und Ingenieurs für die Eichung und Kontrolle des Standardempfängers — die in regelmäßigen Zeitabständen eine Kontrolle unterworfen werden — zu arbeiten. Als Strahler sind zweckmäßig einfachere Gebilde zu verwenden, bei denen zu besseren Erfahrungen einer konstanten Temperatur kochende oder schmelzende Flüssigkeiten oder Blöcke benutzt werden und deren Erhitzungstemperatur mit Hilfe eines Standardempfängers kontrolliert werden kann, so daß Veränderungen in dieser Hinsicht durch entsprechende Umrechnung berücksichtigt werden können, wie das in Tabelle I für die Werte unter dem Strich geschrieben ist. Diese Methode ist einfach zu handhaben und ergibt daher bei Raumtemperaturremessungen in der Kontrolle wesentlich zuverlässigere Ergebnisse, während bei Anwendung der komplizierteren Methoden die Erfahrungen sehr fehlerhaft und dann nur für Direktionsarbeiten geeignet seien.

truktion beschafft werden müssen.  
Bei uns werden solche Kontrollmessungen an einem sogenannten Wasserzylinder, wie in Bild 2 zu sehen, ausgeführt, dabei wird so verfahren, dass die Thermoelemente bereits im Herstellungsvorgang in einem Versuchskolben mit planparallelem KRS-Fenster direkt an der Pumpe in Hochvakuum ( $5 \cdot 10^{-7}$  Torr) vermessen werden, bevor sie in ihrer endgültigen Position mit dem jeweils gewünschten Fenster (KRS 5, KBr, Quarz oder Glas, planparallel oder als Linsen ausgebildet) eingebaut werden.  
Durch Vergleich des Meßergebnisses mit einem Standard-

element mit planparallelem KBr-Fenster habe  $S_0 = 7.3$  Volt/Watt und zeige am Wässerkasten bei einer Zimmertemperatur von  $22^\circ$  einen Galvanometerausschlag von 360 Skalenteilen. Das neu zu vermessende Element in einem Versuchskolben mit KRS-5-Fenster zeige dagegen 310 Skalenteile, ebenfalls bei  $22^\circ$ , dann beträgt unter Berücksichtigung von  $A_0 = 0.7$  für KRS 5 die Grundempfindlichkeit des neuen Elementes im Hochvakuum  $S_0' = 73 \cdot 310 = 9.0$  Volt/Watt.

Welchen Galvanometerausschlag dasselbe Element nach seinem Einbau in den endgültigen Kolben am Wässerkasten zeigt, und zwar zunächst auch noch an der Pumpe, also bei Hochvakuum  $\approx 5 \cdot 10^{-5}$ , hängt natürlich von dem Fenster des endgültigen Kolbens ab. Bei Verwendung von Sammellinsen liegt er selbstverständlich erheblich höher, bei planparallelem Fenster aber er gäbe den oben genannten  $S_0'$  multipliziert mit dem Verlustfaktor des gewählten Fenstertyps aus. In beiden Fällen haben wir aber nur die Möglichkeit, unter Berücksichtigung der Zimmertemperatur nach dem Abziehen von der Pumpe eventuelle Empfindlichkeitsänderungen infolge der Vakuumverluste zu beobachten. Die durch uns zum Verkauf kommenden Thermoelemente werden nach dem Abziehen über mehrere Monate kontrolliert, und erst nachdem die Unveränderlichkeit des Elementes genügend gesichert ist, kommt es zur endgültigen Montage. Ein Gutefaktor ist kein Kriterium zur Auslieferung. Bei sorgfältiger Behandlung und Vorsichtsmaßnahmen kann man die Empfindlichkeitsänderungen dann nicht mehr zu erwarten. Als Beispiel dieses Konstanzen sei das Standardelement Nr. 12, welches über ein Jahr unter Beobachtung steht, in Tabelle 1 dargestellt, wobei für die reproduzierbare Genauigkeit der Einstellungen und Messungen der relatives Meßfaktor  $\pm 2.5\%$  angegeben werden kann anstelle der  $5\%$  für die absolute Meßmethode.

Bei Verwendung von mit dem ausgerüsteten Thermoelementen parallelisiert und bei Verwendung der unter 1. beschriebenen Methode folgende 3 Punkte die hierbei gemessene Empfindlichkeit stärker herabsetzen können als ein planparalleles Fenster aus gleichem Material.

1. Größere Verluste durch Reflexion wegen mehr oder weniger geneigtem Einfallswinkel bei starker Wölbung, wobei zu beachten ist, daß die starke Wölbung auf einen ganz anderen Einfallstrahl berechnet sein kann, als bei dieser Meßmethode.

2. Verluste wegen fehlender chromatischer Korrektur, welche wegen des breiten Spektralbereiches des Strahlens dann merkliche Struvierluste bringen kann, wenn die Fläche  $F_0$  nicht ausreichend klein gegenüber der Empfängerfläche gewählt wird.

3. Ist zu beachten, daß ein planparalleles Fenster, bei welchem Spaltflächen benutzt werden, wesentliche korrosionsbeständiger ist als eine Linse, was leicht dazu führen kann, daß bei einer längeren Verwendung die Spaltflächen verloren gehen.

Infsofern verloren Kristallinen, wenn z. B. die hohe Durchlässigkeit von KBr wirklich Nutzen bringen soll, äußerste Sorgfalt sowohl in der Herstellung als auch in der Behandlung dieses Strahlungsempfängers, um jeglichen korrodierenden Einfluß durch feuchte Atmosphäre zu vermeiden.

**Zusammenfassung**  
Theoretische Betrachtungen zum Leistungsfaktor nach Jones lassen erkennen, daß bei den bis heute aus der Literatur bekannten Materialdaten ein Leistungsfaktor von mehr als  $M = 0.6$  bis  $0.7$  kaum erreichbar sein wird und weitere

kauflich erworbene Thermoelemente bestätigen, daß die gegenwärtigen Spitzenleistungen  $M = 0.25$  kaum überschreiten. Zur Klärung der Begriffe wird vorgeschlagen, den Begriff einer ursprünglichen oder Grundempfindlichkeit  $S_0$  und eines ebensolichen Grundleistungsfaktors  $M$  einzuführen, welche die Empfindlichkeit und den Leistungsfaktor ohne Anwendung eines Fensters ausdrücken. Parallel dazu wird  $S_0$  und  $M$  unter Einschluß der Fensterverluste gegeben. Weiter werden zwei Meßmethoden für die effektive Ermittlung von  $S_0$  und  $S_0'$  beschrieben, wobei die erste als absolute Meßmethode sich besonders zur Eichung von Standardempfängern eignet, die dann ihrerseits bei der zweiten vereinfachten relativativen Meßmethode als Vergleichsstandards dienen können.

Tabelle 1

Datum	Zimmer-temperatur $11^\circ\text{C}$	Ausenlag- des Skalen- galvanome- ters	Ausschlag galvanome- ters (bei $18^\circ$ reduziert)	Auf gleicher Emissions- vermögen (bei $18^\circ$ reduziert)
25. 2. 56	—	260	—	~ 270
27. 2. 56	—	250	—	~ 260
28. 2. 56	—	249	—	~ 260
2. 3. 56	22	220	240	240
10. 3. 56	18	230	230	230
13. 3. 56	15	230	235	235
15. 3. 56	18	235	235	235
2. 3. 56	17	230	225	225
20. 3. 56	16.5	230	223	223
17. 3. 56	—	229	—	—

Fläche des Strahlers neu präzisiert, Emissionsvermögen dadurch  
10% größer

22. 5. 56	19.5	230	240	239
4. 6. 56	19.5	230	240	238
18. 6. 56	19.8	251	262	238
27. 6. 56	19.1	245	253	230
28. 6. 56	22.6	245	245	230
7. 9. 56	21	230	235	230
20. 9. 56	22.7	225	225	227
3. 11. 56	20.9	235	252	229
20. 11. 56	20.8	237	245	223
20. 1. 57	23.4	226	254	231

Zeitliche Konstanze der Empfindlichkeit des Standardempfängers Nr. 12 am Wässerkasten.

1) Anstelle der früher verwandten Bezeichnung „Gütefaktor“ ist es besser, das Wort „Leistungsfaktor“ zu verwenden, um eine Konfusion mit dem Gütebegriff unseres DAMG zu vermeiden.

2) Diese Meßmethode wurde von unserem wissenschaftlichen Mitarbeiter Dr. H. M. Bolz vorgeschlagen.

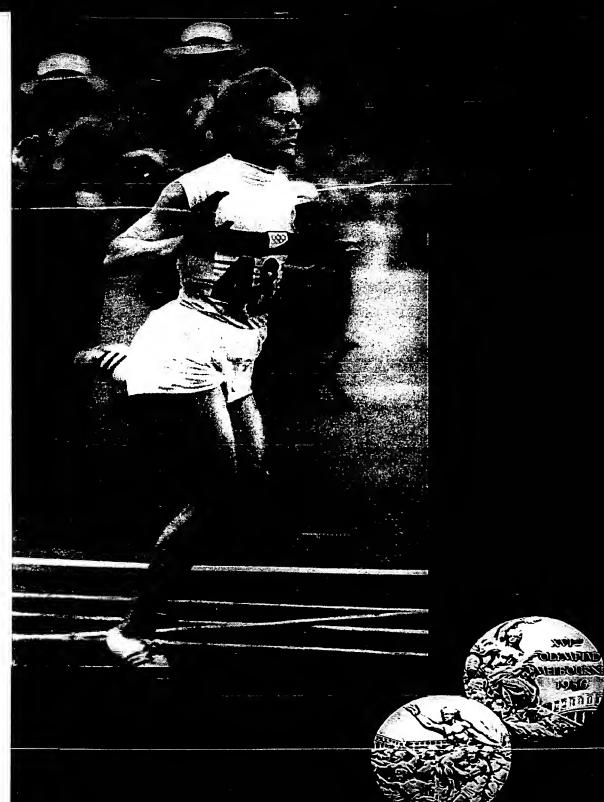
3) Der Verlustfaktor ist hier der Faktor, mit dem die Energieströme zu multiplizieren sind, um die Verluste zu berücksichtigen.

4) Nach einem Vorschlag unseres Laboringenieurs K. Prinz.

5) Zimmertemperatur nicht ermittelt, vermutlich aber größer als  $18^\circ$ .

## Literaturverzeichnis

- [1] Jenaer Rundschau, H. 1, 1956, 8.
- [2] E. S. Johansen, Ann. d. Phys., 33, 1910, 520.
- [3] L. Geiling, ZS f. angew. Phys. 3, 467 (1951), ATM, Blatt 1240-2 (Nov. 1955).
- [4] M. Telkes, J. Appl. Phys. 18 (1947), 1120, Gl. (9).
- [5] A. F. Joffe, Poluprovodnikovye termoelementy. Moskau und Leningrad 1956, S. 46, Gl. (30).
- [6] F. Kurzbaum, Wied. Ann. 67, 846 (1899).





as Ernst-Abbe-Sportfeld ist eines

der schönsten Sportstadien Deutschlands. Es ist ein einziger Sportpark

in einem buschheckenumzäunten Gelände von 112000 qm,

das harmonisch in die reizvolle Landschaft der Saalewiesen eingebettet liegt.

Seine gepflegten Sportfelder und Wettkampfeinrichtungen

sind die Stätten reichen sportlichen Lebens

der Sparten und Sektionen aller Disziplinen der Betriebssportgemeinschaft

Motor Carl Zeiss Jena und des Sportclubs Motor Jena.

Das Ernst-Abbe-Sportfeld ist zugleich

Kampfstätte vieler nationaler und internationaler Sportwettbewerbe

Eigentum der Carl-Zeiss-Stiftung, werden das Ernst-Abbe-Sportfeld und alle seine neuzeitlichen Einrichtungen

vom VEB Carl Zeiss Jena standig verbessert und unterhalten zum Wohle von mehr als 3500 aktiven Zeiss-Sportlern

und zur Freude von tausenden von begeisterten Sportanhangern unter den Zeiss-Werksangehörigen.

